Vergleichende tierexperimentelle Untersuchungen zur Verwendbarkeit synthetischer resorbierbarer Nahtmaterialien (Polyglykolsäure, Polydioxanon) in der Herz- und Gefäßchirurgie.

Disbui. Düsseldorf
1983

von
Jürgen J. Armbrecht und H. W. Christian Töns

1984

Aus der Chirurgischen Klinik und Poliklinik der
Universität Düsseldorf, Klinik B
Direktor: Prof. Dr. med. W. Bircks

Vergleichende tierexperimentelle Untersuchungen zur Verwendbarkeit synthetischer resorbierbarer Nahtmaterialien (Polyglykolsäure, Polydioxanon) in der Herz- und Gefäßchirurgie.

D i s s e r t a t i o n

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin.
Der Medizinischen Fakultät der Universität Düsseldorf
vorgelegt von

Jürgen Armbrecht und Christian Töns

1984

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41543915_0047

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen
Fakultät der Universität Düsseldorf

Der Dekan
der Medizinischen
Fakultät der
Universität Düsseldorf

gez.: Prof. Dr. A. Hopf

Referent

gez.: Prof. Dr.
W. Bircks

Korreferent

gez.: Prof. Dr.
D. Günther

Unseren Eltern gewidmet

Inhaltsverzeichnis

I. Einleitung und Fragestellung S. 1

II. Das Material und seine bisher bekannten Eigenschaften

II. 1. Nahtmaterial aus Polyglykolsäure S. 4
II. 2. Nahtmaterial aus Polydioxanon S. 6
II. 3. Handhabungseigenschaften S. 8
II. 4. Gewebereaktionen S. 10
II. 5. Resorptionsmechanismen und Resorptionsdauer S. 12

III. Methodik

III.1. Versuchstiere und Versuchsplanung S. 15
III.2. Beurteilungskriterien S. 20

IV. Versuchsablauf

IV. 1. Präoperatives und operatives Vorgehen S. 22
IV. 2. Postoperatives Vorgehen S. 30
IV. 3. Tierhaltung S. 33
IV. 4. Postoperativer Verlauf S. 34
IV. 5. Ergebniserhebung nach Ablauf der Beobachtungszeit S. 36

V. Ergebnisse

V. 1. Handhabungseigenschaften S. 38
V. 2. Wachstum der Versuchstiere S. 43
V. 3. Angiographische Ergebnisse S. 45
V. 4. Makroskopische Ergebnisse S. 54
V. 5. Histologische Ergebnisse S. 56

VI. Diskussion S. 73

VII. Zusammenfassung S. 83

VIII. Literaturverzeichnis S. 85

I. Einleitung und Fragestellung

Die Geschichte der chirurgischen Naht und die Entwicklung neuer Nahtmaterialien sind so alt wie die Chirurgie selbst. Die erste Beschreibung von Nahtmaterialien und Wundnähten ist durch den Inder SUSRUTA (etwa 500 v. Chr.) überliefert. Er verwendete Leinenfäden, Pflanzenfasern und Haare als Nahtmaterialien.

Bis in die heutige Zeit hat man immer wieder neue Nahtmittel zur Anwendung gebracht. Prinzipiell entstanden zwei verschiedene Gruppen von Nahtmaterialien: einerseits nichtresorbierbare, die im Gewebe verbleiben - andererseits resorbierbare, die sich allmählich auflösen und so aus dem Wundgebiet verschwinden.
Schon GALEN (129-199 n. Chr.) empfahl die Verwendung von Fäden, die aus Submukosa von Hammeldärmen hergestellt wurden und sich im Gewebe nach einiger Zeit auflösten.
Im Bemühen um bessere Entkeimung und längere Resorptionszeiten führte LISTER (1881), analog dem Gerbevorgang von Tierhäuten, die Behandlung dieser Fäden mit Chromsalzlösungen ein: es entstand so der Chromcatgutfaden.

Verschiedene unbefriedigende Eigenschaften dieser Nahtmaterialien führten zu der Forderung nach anderen resorbierbaren Nahtmitteln, die sowohl die positiven Eigenschaften des Chromcatgut, wie gute Resorbierbarkeit und Handhabung, als

auch die Vorteile nichtresorbierbarer Nahtmaterialien, wie lange anhaltende Festigkeit und geringe Gewebereaktion, in sich vereinigen. Daraufhin wurde 1970 als erstes synthetisches resorbierbares Nahtmaterial der Polyglykolsäurefaden und 1974 als weitere Entwicklung der Polyglaktinfaden vorgestellt.
Vor allem in Bezug auf die Gewebereaktion nach Implantation zeigen die neuen synthetischen Materialien bessere Eigenschaften als Chromcatgut. (HENNINGSEN 1973, PAVAN et al. 1979, PAE et al. 1981).

Da auch diese beiden Materialien aus Gründen, die noch zu besprechen sein werden, die Anforderungen noch nicht voll befriedigen konnten, wurde 1981 als weiteres synthetisches resorbierbares Nahtmaterial Polydioxanon eingeführt. Die Gewebereaktion auch des Polydioxanonfadens wird als wesentlich geringer beschrieben, als dies bei Chromcatgut der Fall ist (DOCIU u. HEIN 1982). Sie ist in etwa vergleichbar mit der Fremdkörperreaktion auf Polyglykolsäure und Polyglaktin (RAY et al. 1981).

Während Polyglykolsäure- und Polyglaktinfäden inzwischen in vielen Bereichen der Chirurgie Anwendung gefunden haben (DARDIK et al. 1970, DAUME 1972, ALVAREZ-CORDERO et al. 1973, KUO et al. 1974, FAULBORN u. THEOPOLD 1977, LITSCHGI u. STOLL 1978, HOVENDAHL u. SCHWARTZ 1979, NOCKEMANN 1981), sind in der Herz- und Gefäßchirurgie noch hauptsächlich nichtresorbierbare Nahtmaterialien (z.B. Polypropylen) in Gebrauch. Dies hat seine Ursache vor allem in der Befürchtung,

daß es durch einen Festigkeitsverlust der resorbierbaren Nähte vor einer ausreichenden Narbenbildung an Herz und Gefäßen zu deletären Nahtinsuffizienzen kommen könne. Unterstellt man eine gesicherte Wundheilung vor dem Festigkeitsverlust dieser synthetischen resorbierbaren Nahtmaterialien, könnte man weitere Anwendungsbereiche insbesondere bei angeborenen kardiovaskulären Fehlbildungen erwarten. Werden solche Mißbildungen des Herzens und der herznahen Gefäße im frühen Kindesalter unter Verwendung nichtresorbierbarer Nahtmaterialien operativ korrigiert, so kann in einigen Fällen nach längerer Zeit eine Beeinträchtigung des primären Korrekturergebnisses resultieren. Wesentliche Ursache hierfür ist das fehlende oder unzureichende Mitwachsen beispielsweise von Anastomosenbereichen durch das persistierende, dann einschnürend wirkende Fadenmaterial. Demgegenüber darf man annehmen, daß Fäden, die nach einer gewissen Zeit vollständig aufgelöst sind, wesentlich seltener eine lokale Wachstumsbeeinträchtigung hervorrufen werden.

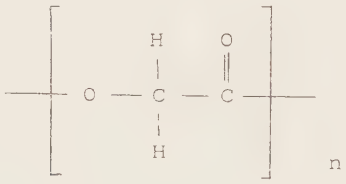
Ziel dieser Studie war es, die beiden synthetischen resorbierbaren Nahtmaterialien Polyglykolsäure und Polydioxanon anhand bestimmter Eigenschaften auf ihre Verwendbarkeit in der Herz- und Gefäßchirurgie unter besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse im wachsenden Organismus zu überprüfen.

II. Das Material und seine bisher bekannten Eigenschaften

II.1. Nahtmaterial aus Polyglykolsäure

Polyglykolsäure wurde 1970 als erstes synthetisches resorbierbares Nahtmaterial unter dem Handelsnamen Dexon^{R} vorgestellt. Es handelt sich hierbei um Polymere der Glykolsäure.

Abb. 1:



Strukturformel der Polyglykolsäure

Die Fäden aus diesem Material werden mit Ausnahme der feinen Fadenstärken (11-0 USP und dünner) nur als geflochtene Fäden angeboten. Es ist notwendig, die dickeren Fäden dieses Materials durch Verflechtung einer größeren Anzahl feiner Elemente herzustellen, da aus einem einzelnen Strang bestehende Fäden in diesen Stärken aufgrund mangelnder Flexibilität schlecht, beziehungsweise nicht zu handhaben sind (THIEDE et al. 1980).

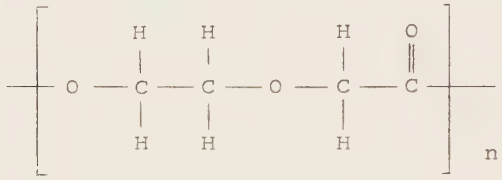
Die geflochtene Struktur der Polyglykolsäurefäden bringt allerdings bestimmte Nachteile mit sich: verschiedene Autoren bemängeln eine bei der Gewebepassage auftretende Sägewirkung des Fadens (BONKE et al. 1973, THIEDE et al. 1981, WRUBS u. GOTTLOB 1981), sowie eine ausgeprägte Kapillarität (BLOMSTEDT et al. 1977). Diese Kapillarwirkung ist zurückzuführen auf das Vorhandensein mikroskopisch kleiner Hohlräume zwischen den verflochtenen Fadenelementen, die möglicherweise eingedrungenen Mikroorganismen einen gewissen Schutz vor dem körpereigenen Abwehrsystem gewähren. So konnte gezeigt werden, daß Nahtmaterialien mit einer solchen Kapillarwirkung wie das geflochtene Polyglykolsäurematerial Infektionen begünstigen, unterhalten und fortleiten können (GIESSLER 1975, BLOMSTEDT et al. 1977, BLOMSTEDT u. ÖSTERBERG 1978), im Gegensatz zu nichtkapillären Nahtmaterialien wie beispielsweise Polydioxanon und Polypropylen. Diesem Infektionen begünstigenden Mechanismus steht jedoch eine bakterizide und fungizide Wirksamkeit des Abbauproduktes Glykolsäure gegenüber (THIEDE et al. 1980), sodaß Polyglykolsäure inzwischen auch mit befriedigenden Ergebnissen in infiziertem Gewebe verwendet wird.

Neben der vielfältigen Anwendung von Polyglykolsäure in der Allgemeinchirurgie wurde das Material bereits in früheren tierexperimentellen Studien im Bereich des rechten Herzvorhofes sowie zur Anastomosierung herznaher Gefäße mit zufriedenstellenden Ergebnissen verwendet (PAE et al. 1981, VINCENT et al. 1983).
KUO (1974) berichtet zudem über die Anwendung von Polyglykolsäure zur Anastomosierung peripherer Gefäße beim Menschen (u.a. spleno-renale und porto-cavale Shunts).

II.2. Nahtmaterial aus Polydioxanon

Als weiteres synthetisches resorbierbares Nahtmaterial wurde 1981 Polydioxanon unter dem Handelsnamen PDS® eingeführt.

Abb. 2:



Strukturformel des Polydioxanon

Es handelt sich hierbei um einen farblosen aliphatischen Polyester, der zur besseren Sichtbarkeit mit dem wasserlöslichen D + C Violett 2 gefärbt werden kann. Das Nahtmaterial wird aus einem Stück zu einem homogenen Strang der gewünschten Fadenstärke gezogen, der Polydioxanonfaden ist also monofil.
Diese Tatsache hat zur Folge, daß die bei dem Polyglykolsäurefaden beschriebene Kapillarwirkung mit ihrer Bedeutung für die Ausbreitung und Unterhaltung von Infektionen bei Nahtmaterial aus Polydioxanon nicht auftritt (DOCIU u. HEIN 1982). Ein weiterer Vorteil des monofilen Polydioxanonfadens besteht in der glatten Oberflächenstruktur: in mehreren Untersuchungen wird eine im Vergleich

zu geflochtenen Fäden deutlich erleichterte Gewebepassage bei fehlender Sägewirkung beschrieben (BARTHOLOMEW 1981, BERRY et al. 1981, RAY et al. 1981).

Polydioxanonfäden sind inzwischen im Tierexperiment mit Erfolg zur Anastomosierung im Bereich der infrarenalen Aorta, sowie bei urologischen und ophthalmologischen Eingriffen jeweils mit guten Ergebnissen erprobt worden (BARTHOLOMEW 1981, BEURTON et al. 1981, MYERS et al. 1982). Beim Menschen wird Fadenmaterial aus Polydioxanon derzeit bei allgemeinchirurgischen Eingriffen und in der Plastischen Chirurgie verwendet (BERRY et al. 1981, DOCIU u. HEIN 1982).

II.3. Handhabungseigenschaften

Die eingangs beschriebenen unterschiedlichen Oberflächenstrukturen der geflochtenen Polyglykolsäurefäden und der monofilen Polydioxanonfäden bestimmen auch im Wesentlichen die Eigenschaften der Handhabung beider Nahtmaterialien: der geflochtene Polyglykolsäurefaden zeigt aufgrund seiner rauhen und ungleichmäßigen Oberfläche bei der Gewebepassage eine deutliche Sägewirkung (BONKE et al. 1973, NOCKEMANN 1981, THIEDE et al 1981), die über eine zusätzliche Gewebetraumatisierung hinaus bis zum Einschneiden des Fadens ins Gewebe führen kann (DARDIK et al. 1970, GSCHNITZER 1975).
Das monofile Fadenmaterial aus Polydioxanon hingegen passiert das Gewebe unproblematisch glatt, es entwickelt bei der Gewebepassage sogar weniger Reibungswiderstand als das für seine gute Gewebepassage bekannte Catgut (BARTHOLOMEW 1981, BERRY et al. 1981). Allerdings berichten HUDSON und GLENN (1979) bei der Verwendung dünner Polydioxanonfäden (ab 6-0 USP) über korkenzieherartige Kräuselungen des Fadens nach der Gewebepassage, die dann die weitere Handhabung und Knüpfbarkeit beeinträchtigten.
Die Flexibilität und Knüpfbarkeit der Polydioxanonfäden werden in der Literatur unterschiedlich beschrieben: BARTHOLOMEW (1981) stuft das Fadenmaterial im Hinblick auf diese Eigenschaften als verbesserungswürdig ein, während BERRY (1981) die Flexibilität und Knüpfbarkeit als ausreichend bis gut beurteilt.

Der Knotenlauf der geflochtenen Polyglykolsäurefäden ist durch die an der Oberfläche des rauhen Materials auftretenden Reibungskräfte erschwert. Vor allem bei schlecht zugängigen, tiefgelegenen Operationsbereichen macht sich der schlechte Knotenlauf des Polyglykolsäurematerials nachteilig bemerkbar, so läßt sich der vom Nahtbereich entfernt geschlungene erste Knoten mit aufgesetztem zweiten Knoten nicht wie sonst gewohnt zur Nahtstelle hinabsenken (SCHREIBER et al. 1975, THIEDE et al. 1981). Andererseits bedingt der hohe Gleitwiderstand den guten Knotensitz und die hohe Knotenfestigkeit der Polyglykolsäurefäden, sodaß in der Regel ein zusätzlicher sichernder Knoten ausreichend ist (MINTA 1980, WRUBS u. GOTTLOB 1981).

Der monofile Polydioxanonfaden weist aufgrund seiner glatten Oberfläche erheblich bessere Laufeigenschaften des geknüpften Knotens auf. Jedoch bedingt das gute Gleiten der Fäden aufeinander auch einen weniger guten Knotensitz und eine geringere Festigkeit des plazierten Knotens. Mehrere sichernde Knoten werden dadurch notwendig (BARTHOLOMEW 1981, BERRY et al. 1981, ALBERS et al. 1982).

Trotz dieser bekannten Mängel in der Handhabung hat kein Autor von der Verwendung dieser Nahtmaterialien abgeraten, die aufgetretenen Schwierigkeiten werden durch eine etwas veränderte Handhabungstechnik und Gewöhnung für überwindbar gehalten (DAUME 1972).

II. 4. Gewebereaktionen

Körperfremde Materialien, die in den Organismus eingebracht werden, lösen je nach ihren chemischen und mechanischen Eigenschaften, sowie ihrer Größe bestimmte Abwehrreaktionen im Gewebe aus, die sich als einfache Phagozytose oder auch als exsudative beziehungsweise proliferative Entzündung äußern können.

Speziell bei der Reaktion des Körpergewebes auf implantierte Nahtmaterialien kommt es zu einer Fibrinexsudation, einer Häufung von polymorphkernigen Leukozyten, sowie zu einer Ansammlung von Monozyten und Histiozyten. Diese Makrophagen können, wenn ein Fremdkörper zu groß ist, um von einer einzelnen Zelle phagozytiert zu werden, zu mehrkernigen Fremdkörperriesenzellen konfluieren, welche den Fremdkörper regelrecht umfließen können. Diese exsudative Entzündung, die das Gewebe ödematös auflockert, erleichtert ein Ausreißen der Fäden aus dem Nahtbereich (GSCHNITZER 1975). Nach diesem Stadium der akuten Entzündung tritt die Bindegewebsproliferation als Ausdruck der chronischen Entzündung in den Vordergrund. Durch gesteigerte Fibroblastenaktivität kann es zur Ausbildung von Fremdkörpergranulomen kommen, von denen verschiedene Komplikationen wie Fistelbildungen und Schmerzen ihren Ausgang nehmen können.

Bei in früheren Studien angestellten Vergleichen zwischen der Gewebereaktion auf die Implantation von Catgut einerseits und die von den synthetischen resorbierbaren Nahtmaterialien Polyglykolsäure und Polydioxanon andererseits, ergaben sich folgende Befunde: das Gewebe zeigt in beiden Phasen der Fremdkörperreaktion auf die neuen Nahtmaterialien im Vergleich zu Catgut erheblich geringere Entzündungsaktivitäten. Zum einen ist die leukozytäre Reaktion geringer ausgeprägt, zum anderen werden die Nahtmaterialien aus Polyglykolsäure und Polydioxanon früher in das Gewebe integriert. Bei Untersuchungen mit Polyglykolsäure konnte gezeigt werden, daß die entzündliche exsudative Reaktion schwächer ist und der Übergang zur chronischen proliferativen Entzündung eher als bei Catgut erfolgt (HENNINGSEN 1973, PAVAN et al. 1979, PAE et al. 1981). Bei beiden synthetischen resorbierbaren Fäden fällt gegenüber Catgut eine wesentlich geringer ausgeprägte chronische Entzündungsaktivität auf, es finden sich weniger Fibroblasten und Fadengranulome (PAVAN et al. 1979, BEURTON et al. 1981, DOCIU u. HEIN 1981).

Insgesamt werden die Fremdkörperreaktionen auf Polyglykolsäurefäden und Polydioxanonfäden als miteinander vergleichbar beschrieben, es ergeben sich keine signifikanten Unterschiede (CRAIG et al. 1975, RAY et al. 1981).

II. 5. Resorptionsmechanismen und Resorptionsdauer

Der Abbau des aus Protein aufgebauten Catgutfadens erfolgt durch Phagozytose und enzymatische Spaltung durch die in den Lysosomen der Makrophagen gespeicherten Kollagenasen (BERRY et al. 1981).
Im Gegensatz hierzu konnte gezeigt werden, daß die Spaltung der polymeren synthetischen resorbierbaren Nahtmaterialien Polyglykolsäure und Polydioxanon zum größten Teil durch Hydrolyse erfolgt (THIEDE et al. 1980, BERRY et al. 1981, DOCIU u. HEIN 1981, RAY et al. 1981).
Die Feststellung einer in vitro verlängerten Abbauzeit der Polyglykolsäurefäden gegenüber der Resorptionsdauer in vivo implantierter Fäden und der Nachweis deutlich erhöhter Konzentrationen saurer Phosphatase in Nahtbereichen mit Polyglykolsäure sollen für einen zusätzlich zur hydrolytischen Spaltung bestehenden enzymatischen Abbaumechanismus durch Phagozytose der synthetischen resorbierbaren Nahtmaterialien sprechen (ALVAREZ-CORDERO et al. 1973, BOEREMA 1973)
Dieser Vermutung wird von RAY et al. (1981) durch eine Studie mit Polydioxanon widersprochen: es bestünden keine Unterschiede bezüglich Substanzabnahme und Reißkraftverlust zwischen der in vitro und in vivo Verwendung der neuen resorbierbaren Nahtmaterialien.

Die Endprodukte des Abbaus der synthetischen resorbierbaren Fäden sind H_2O und CO_2. Nach C_{14}- Markierung von implantierten Polydioxanonfäden werden 96 % des markierten Kohlenstoffes aus dem Organismus eliminiert, davon der überwiegende Teil (94%) mit dem Urin, kleinere Anteile über die Faeces und die Atemluft (RAY et al. 1981).

Die Geschwindigkeit der Fadenresorption nach Implantation der synthetischen resorbierbaren Nahtmaterialien wird von verschiedenen Faktoren beeinflußt: es findet sich eine Beschleunigung der hydrolytischen Spaltung von Polyglykolsäure in mit E. coli infiziertem Urin. Dies hat seine Ursache wahrscheinlich in der unter diesen Umständen eines alkalischeren Mileus beschleunigten Hydrolyse (HOVENDAHL u. SCHWARTZ 1979). Die Resorptionszeiten variieren bei der Verwendung der Nahtmaterialien in verschiedenen Spezies und Geweben (CRAIG et al. 1975, THIEDE et al. 1980). Außerdem wird eine Steigerung des Fadenabbaus bei Temperaturerhöhungen beobachtet (CRAIG et al. 1975, NOCKEMANN 1981), eine Abhängigkeit des Abbaus der Materialien von der Dicke der Fäden wird verneint (CRAIG et al. 1975, PAVAN et al. 1979).

Der Abbau des Nahtmaterials geht verständlicherweise mit einem Verlust an Festigkeit des Fadens einher. Gegenüber dem im Gewebe sehr schnell an Reißkraft verlierenden Catgutfaden zeigt Polyglykolsäure eine erheblich längere Resorptionsdauer.

Die völlige Auflösung der Polyglykolsäurefäden soll nach 100 bis 120 Tagen abgeschlossen sein (NOCKEMANN 1981). Die Resorption der Polyglykolsäurefäden beginnt am Ende der 2. Woche nach Implantation (MINTA 1980) und führt zu einer verbleibenden Reißfestigkeit von 15 % des Ausgangswertes nach 3 Wochen (THIEDE u. LÜNSTEDT 1979).

Polydioxanon scheint noch länger als Polyglykolsäure eine ausreichende Festigkeit der Naht zu gewährleisten: RAY et al. (1981) geben an, daß noch 4 Wochen nach der Implantation der Polydioxanonfäden die ursprüngliche Reißfestigkeit noch zu 58 % erhalten ist, während dieser Wert bei Polyglykolsäurefäden schon deutlich unter 10 % abgefallen ist (CRAIG et al. 1975). Selbst 6 Wochen post implantationem wird noch eine Belastbarkeit der Polydioxanonfäden von [illegible] des Ausgangswertes gemessen.

Der Polydioxanonfaden bleibt auch histologisch länger im Gewebe nachweisbar als der Polyglykolsäurefaden: in die Rückenmuskulatur von Ratten implantierte Polyglykolsäurefäden sind nach 90 Tagen noch zu 50 % und nach 120 Tagen nur noch in Resten vorhanden (CRAIG et al. 1975), während in dasselbe Gewebe eingebrachte Polydioxanonnähte nach 168 Tagen noch zu 40 % auffindbar sind und die Resorption erst nach 196 Tagen vollständig abgeschlossen ist (FAHLE u. HAHN 1981).

III. Methodik

III. 1. Versuchstiere und Versuchsplanung

Ziel dieser Studie war die Erprobung der synthetischen resorbierbaren Nahtmaterialien aus Polyglykolsäure und Polydioxanon in der Herz- und Gefäßchirurgie, vor allem im Hinblick auf eine eventuelle Verwendung dieser Fäden zur Korrektur angeborener kardiovaskulärer Fehlbildungen. Um der Fragestellung bezüglich wachsender Organismen gerecht zu werden, wurden noch wachsende Hunde der Rasse Beagle im Alter von 4 bis 7 Monaten für diese Studie ausgewählt. Durch Gewichtsmessungen jeweils am Operationstag und am letzten Tag der Beobachtungszeit wurde das Wachstum der Welpen belegt.

Die Nahtmaterialien wurden anhand zweier verschiedener Eingriffe erprobt: zum einen wurde die obere Hohlvene der Versuchstiere querdurchtrennt und mit einer fortlaufenden zirkulären Naht des zu testenden Fadenmaterials wieder anastomosiert. Zum anderen wurde am Herz der Versuchstiere ein Teil des rechten Vorhofes transmural inzidiert und mit einer fortlaufenden Naht wieder verschlossen. Sofern der Zustand des Hundes und der Operationssitus es zuließen, konnten beide Eingriffe an jeweils demselben Versuchstier vorgenommen werden, da Wechselwirkungen zwischen beiden Operationsbereichen mit Einfluß auf die Einzelergebnisse ausgeschlossen waren. Die Möglichkeit,

beide Eingriffe an einem Versuchstier auszuführen, konnte in 19 Fällen genutzt werden (siehe Tabelle 3). Die Anzahl der für die 50 geplanten Eingriffe benötigten Welpen konnte so auf 31 begrenzt werden.

Die 50 Eingriffe wurden wie folgt aufgeteilt:

a) Zwanzig Anastomosierungen der oberen Hohlvene, davon zehn unter Verwendung des Polyglykolsäurefadens(1) und zehn mit dem Polydioxanonfaden(2). Fadenstärke jeweils 6 - 0 USP

b) Dreißig fortlaufende Nähte im Bereich des rechten Vorhofes, davon zehn mit dem Polyglykolsäurefaden, zehn mit dem Polydioxanonfaden und zum weiteren Vergleich zehn Eingriffe unter Verwendung des nichtresorbierbaren Polypropylenfadens(3). Fadenstärke jeweils 4 - 0 USP

(1) Dexon^{R}, Fa. Braun-Melsungen
(2) PDS^{R}, Fa. Ethicon
(3) Prolene^{R}, Fa. Ethicon

Um die Aufteilung der Eingriffe, die jeweiligen Beobachtungszeiten und Ergebnisse übersichtlich darstellen zu können, wurde jeder Eingriff mit einer Abkürzung des angewendeten Nahtmaterials und einer Kennziffer verschlüsselt (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1:

	Vorhof-naht	Cava-Anastomose
Polyglykol-säurefaden	Gruppe I: PGS 1 - 10	Gruppe IV: PGS 11- 20
Polydioxanon-faden	Gruppe II: PDN 1 - 10	Gruppe V: PDN 11- 20
Polypropylen-faden	Gruppe III: PPL 1 - 10	

Legende: PGS = Eingriff mit Polyglykolsäure
PDN = Eingriff mit Polydioxanon
PPL = Eingriff mit Polypropylen

Aufteilung und Kennzeichnung der Eingriffe

Die in vivo Beobachtungszeiten jeder Versuchsgruppe betrugen jeweils für zwei Welpen 5, 10, 30, 60 und 180 Tage (siehe Tabelle 2). Nach Ablauf der jeweiligen Beobachtungszeit wurden die Versuchstiere zur Beurteilung der Operationsbereiche schmerzlos durch Injektion eines Barbiturates getötet.

Tabelle 2:

	5 d	10 d	30 d	60 d	180 d
Vorhofnaht mit Polyglykolsäurefaden	PGS 1 PGS 2	PGS 3 PGS 4	PGS 5 PGS 6	PGS 7 PGS 8	PGS 9 PGS 10
Vorhofnaht mit Polydioxanonfaden	PDN 1 PDN 2	PDN 3 PDN 4	PDN 5 PDN 6	PDN 7 PDN 8	PDN 9 PDN 10
Vorhofnaht mit Polypropylenfaden	PPL 1 PPL 2	PPL 3 PPL 4	PPL 5 PPL 6	PPL 7 PPL 8	PPL 9 PPL 10
Cava-Anastomose mit Polyglykolsäurefaden	PGS 11 PGS 12	PGS 13 PGS 14	PGS 15 PGS 16	PGS 17 PGS 18	PGS 19 PGS 20
Cava-Anastomose mit Polydioxanonfaden	PDN 11 PDN 12	PDN 13 PDN 14	PDN 15 PDN 16	PDN 17 PDN 18	PDN 19 PDN 20

Die Verschlüsselung aller Eingriffe mit den geplanten Beobachtungszeiten in Tagen.

Tabelle 3:

Auflistung der 19 Versuchstiere, bei denen während einer Operation sowohl ein Eingriff an der oberen Hohlvene, als auch ein Eingriff am rechten Vorhof durchgeführt werden konnte (zur Aufschlüsselung der Eingriffe siehe Tabelle 2):

PGS	1	PGS 11
PGS	2	PGS 12
PGS	3	PGS 13
PGS	4	PGS 14
PGS	8	PGS 17
PGS	9	PGS 19
PGS	10	PGS 20
PGS	15	PPL 5
PGS	16	PPL 6
PDN	1	PDN 11
PDN	2	PDN 12
PDN	3	PDN 13
PDN	4	PDN 14
PDN	5	PDN 15
PDN	6	PDN 16
PDN	8	PPL 8
PDN	9	PPL 9
PDN	10	PPL 10
PDN	17	PPL 7

Legende: PGS = Eingriff mit Polyglykolsäure
PDN = Eingriff mit Polydioxanon
PPL = Eingriff mit Polypropylen

III. 2. Beurteilungskriterien

Für die Versuchsauswertung wurden folgende Kriterien herangezogen:

a) Die Handhabungseigenschaften der Fäden wurden während der Operationen beurteilt nach Sichtbarkeit,
Griffigkeit,
Flexibilität,
Gewebepassage,
Knotenlauf,
Knotensitz,
Reißfestigkeit und
Knotensicherheit.

b) Angiographien der Operationsbereiche der oberen Hohlvenen und der rechten Vorhöfe wurden bei den Versuchstieren jeweils direkt nach der Operation und am letzten Tag der geplanten Beobachtungszeiten durchgeführt. Mit den Kontrastmitteldarstellungen sollten mögliche Veränderungen der Operationsbereiche wie Stenosen,
Aneurysmen,
Nahtinsuffizienzen oder Rupturen,
die während des Beobachtungszeitraumes durch die Wechselwirkungen zwischen Nahtmaterial, Gewebe und Durchströmung entstanden sind, dokumentiert werden.

c) Die makroskopische Beurteilung,

nachdem postmortal die Operationsbereiche der Versuchstiere freipräpariert waren, erfolgte im Hinblick auf

Thromben,
Lungenembolien oder
sonstige pathologische Veränderungen.

d) Histologische Untersuchungen

der mit den implantierten Nahtmaterialien aus den Operationsbereichen entnommenen Gewebeproben dienten zur Beurteilung des Resorptionsablaufes und der Gewebereaktion.

IV. Versuchsablauf

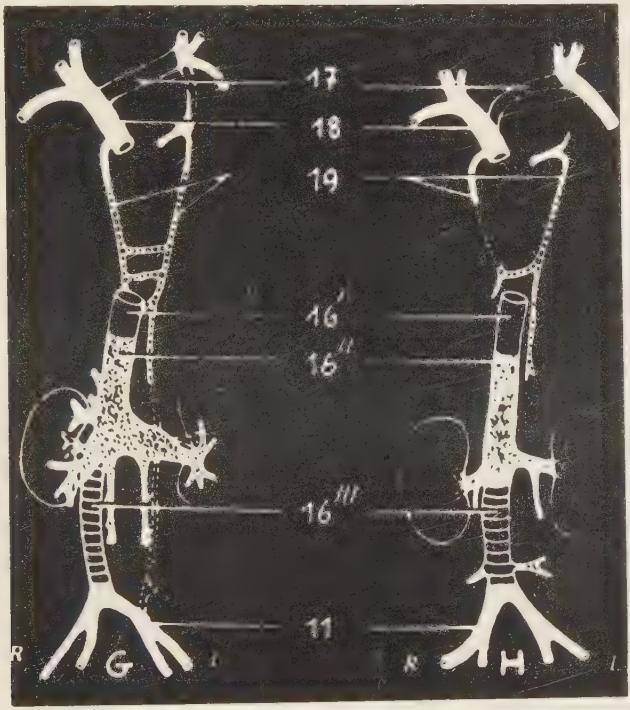
IV. 1. Präoperatives und operatives Vorgehen

Nach einer präoperativen Nahrungskarenz von 24 Stunden wurden die Hunde zunächst gewogen, einerseits um eine exakte Dosierung der zu verabreichenden Pharmaka vornehmen zu können, andererseits um anhand des Gewichtes das Wachstum der jungen Hunde während der Versuchsdauer dokumentieren zu können.
Den Tieren wurde ein venöser Zugang (Braunüle 1.2) mit einer daran angeschlossenen Infusion (250 ml Ringer-Lösung) zum Ausgleich eventueller intraoperativer Volumenverluste gelegt. Nach intravenöser Injektion eines Kurznarkotikums(1) wurden die Hunde endotracheal intubiert und die Intubationsnarkose mit einem N_2O / O_2 Gemisch im Verhältnis von 3 : 1 unter Zugabe von 0,6 Vol.% Halothan begonnen. Durch die Gabe von Halothan stellte sich eine für die Operationen ausreichende Relaxation ein, sodaß auf die zusätzliche Gabe von weiteren Relaxantien verzichtet werden konnte.

Danach wurde die rechte Thoraxseite der Hunde rasiert, desinfiziert und steril abgedeckt. Die antero-laterale Thorakotomie rechts wurde dann durchgeführt und der Brustraum mit einem Thoraxspreizer knapp handbreit aufgehalten. Die Lungenlappen wurden mit Tupfern vorsichtig aus dem Operationsfeld gedrängt und der situs der Vena cava superior freipräpariert (Abb.3).

(1) Thyamylal-Na, Surital^R, Fa.Parke-Davis, 20mg/kg KG

Abb. 3:



Legende: 17 = Vena brachiocephalica
18 = Vena cava superior
19 = Vena azygos

Das Venensystem des Hundes in schematischer Darstellung.
Entnommen aus dem Handbuch der Biologie von GESSNER und HALTENORTH 1977.

Die Pleura mediastinalis wurde dann gespalten und mit dem in ihr eingelagerten N.phrenicus so beiseitegedrängt, daß mit einer Overholt-Klemme dorsal der V.cava superior "vessel loops" durchgezogen werden konnten (Abb.4).

Abb. 4:

V.cava superior angeschlungen, vor Abklemmung.
Versuchstier mit dem Eingriff PGS 18

Die so cranial der Einmündung der V.azygos (Abb.3) angeschlungene Hohlvene wurde sorgfältig präpariert und ein 1,5 cm langer Anteil mit zwei Cooley-Klemmen aus dem Kreislauf ausgeklemmt und durchtrennt.

Unmittelbar darauf wurden die durchtrennten Enden in zirkulär fortlaufender Nahttechnik mittels eines Fadens der Stärke 6 - 0 USP der zu testenden Substanz wieder anastomosiert (Abb. 5 u. 6).

Abb. 5:

Einblick in das Lumen der V. cava superior bei bereits vernähter Hinterwand. Versuchstier mit dem Eingriff PGS 18

Abb. 6:

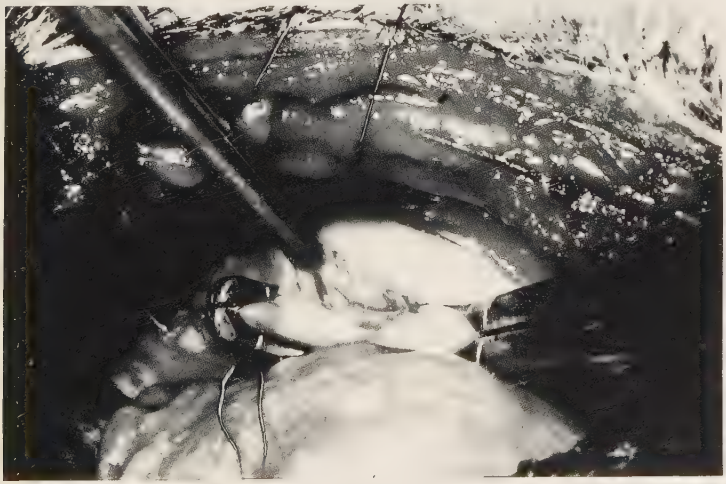
Die Cava-Anastomose vor Freigabe des Blutstromes
Versuchstier mit dem Eingriff PGS 18

Der Mittelwert der Abklemmzeiten der oberen Hohlvene betrug 18,7 Minuten bei einer Standardabweichung von s = 8,91 min. Die kürzeste Abklemmung dauerte 10 Minuten, die längste 46,5 Minuten. Die Hunde wurden zwar im entsprechenden Abflußgebiet der Vene vorübergehend zyanotisch, tolerierten die Abklemmung aber sonst folgenlos.

Nach erfolgter Wiederherstellung der Kontinuität des Gefäßes wurden die Klemmen gelöst und der Blutstrom über die V.cava superior zum Herzen wieder freigegeben. Nach Kontrolle auf Bluttrockenheit wurde zur besseren angiographischen Auffindbarkeit des Anastomosenbereiches ein Hämoclip im Bindegewebe neben der Nahtregion befestigt.

Zur Erprobung des Nahtmaterials im rechten Vorhof wurde der Thorax ebenfalls in der beschriebenen Weise eröffnet. Nach einer 4 cm langen Inzision des Perikards und nach dem Legen von zwei Haltefäden wurde ein ungefähr 2 cm langer Bezirk der Wand des rechten Vorhofes mit einer Cooley-Klemme ausgeklemmt und mit einem Skalpell in ca. 1 cm Länge transmural durchtrennt (Abb. 7).

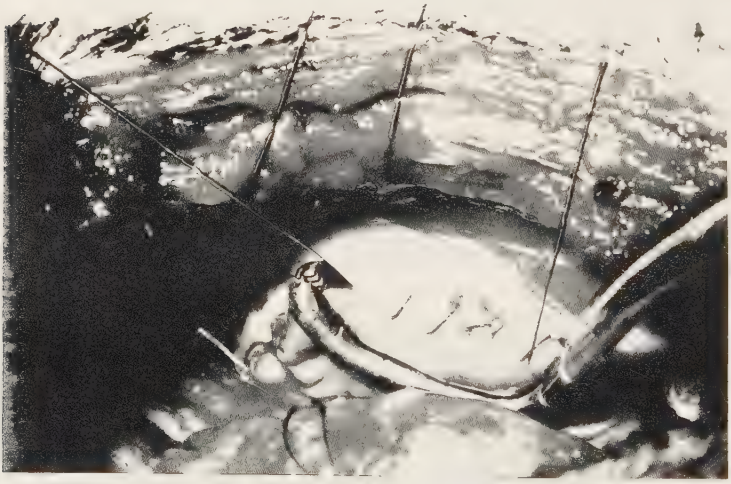
Abb. 7:



Ausgeklemmter Teil des rechten Vorhofes
nach transmuraler Inzision.
Versuchstier mit Eingriff PDN 7

Es folgte die Vernähung des eröffneten Myokards mittels einer überwendlichen fortlaufenden Naht des zu testenden Nahtmaterials der Stärke 4 - O USP (Abb. 8).

Abb. 8:



Während der Naht des rechten Vorhofes,
hier mit Polydioxanonfaden.
Versuchstier mit Eingriff PDN 7

Auch hier wurde die Länge der Naht mit zwei Hämoclips markiert. Danach wurde das Perikard mit drei Polypropylen-Einzelnähten unter Belassung einer kleinen kaudalen Lücke verschlossen.

Das Verschließen des Thorax wurde bei allen Operationen wie folgt durchgeführt: nach Entfernung sämtlicher Tupfer aus der rechten Pleurahöhle und Herausnahme des Thoraxspreizers wurden die Rippen mit einer doppelt gelegten Chromcatgutnaht adaptiert. Sowohl die Interkostalmuskulatur, als auch das subkutane Gewebe wurden mit Chromcatgutnähten dicht verschlossen. Abschließend folgte die Hautnaht mit Seide in Einzelknopfnahttechnik, die mit einem Sprühverband abgedeckt wurde.

IV. 2. Postoperatives Vorgehen

Den nach wie vor narkotisierten Tieren wurde neben dem schon präoperativ im rechten Vorderlauf fixierten venösen Zugang ein weiterer in den linken Vorderlauf gelegt. Nach gleichzeitiger Injektion von je 20 ml eines wasserlöslichen Kontrastmittels(1) in die beiden Braunülen wurden in Linksseitenlage der Tiere Röntgenaufnahmen(2) des Thorax angefertigt, die über die Durchströmung in den mit Hämoclips markierten Nahtbereichen sowohl der Hohlvenenanastomosen, als auch in eingeschränktem Maß der rechten Vorhöfe Aufschluß gaben (Abb. 9).
Alle Aufnahmen wurden mit 60 kV bei automatischer Belichtung auf Röntgenfilmen(3) der Größe 24 x 30 cm angefertigt.

Die Kennzeichnung der Hunde erfolgte nun durch ins Ohr tätowierte Zahlencodes, danach wurde die Narkose durch Gabe von 100 Vol.% O_2 in der Atemluft ausgeleitet, bis die Spontanatmung der Welpen ausreichend war, um sie zu extubieren, die venösen Zugänge zu entfernen und sie für die ersten 36 postoperativen Stunden in den Beobachtungsraum zu bringen.

(1) Angiografin^R, Fa. Schering
(2) Gerät: Titanos R 100 S, Fa. Koch u. Sterzel
(3) Typ R2, Fa. 3M

Abb. 9:

Thoraxübersicht in Linksseitenlage nach Kontrastmittelapplikation in das obere Venensystem. Die drei intraoperativ befestigten Hämoclips markieren als metalldichte Schatten die Nahtregionen. Es findet sich eine mäßige Stenosierung der Hohlvenenanastomose.
Versuchstier mit den Eingriffen PGS 10 / PGS 20

Die anfänglich geübte Praxis, den Hunden eine auf dem Rücken befestigte Thoraxdrainage zu legen, bewährte sich nicht, die Hunde konnten sich durchweg die Befestigung abstreifen. In dem Fall des Hundes mit dem Eingriff PGS 7 kam es sogar nach Durchbeißen des Drainageschlauches zu einem offenen Pneumothorax, der aber nach luftdichtem Verschluß folgenlos abheilte.

Die postoperative Medikation bestand in der prophylaktischen Gabe eines Penicillin-Streptomycin Kombinationspräparates(1) intramuskulär an den ersten drei postoperativen Tagen, sowie einer Bedarfsmedikation an Sedativa(2) beziehungsweise Analgetika(3).
Auf eine Medikation mit Antikoagulantien konnte verzichtet werden, da weder intra- noch postoperativ Anzeichen von Thrombosen oder Embolien beobachtet wurden.

(1) Veracin-Compositum^{R}, Fa.Albrecht
(2) 5 mg Valium^{R}, i.m., Fa.Hoffmann-La Roche
(3) 15 mg Fortral^{R},i.m., Fa.Winthrop

IV. 3. Tierhaltung

Nach der postoperativen Beobachtungsphase wurden die Beagles wieder in die normale Tierhaltung übernommen, in der sie jeweils einzeln in Käfigen(1) aus Drahtrosten standen. In diesem Tierhaltungsraum herrschte eine Temperatur von 20 - 22 °C und eine relative Luftfeuchtigkeit von 55 +/- 5 % bei einem Hell-Dunkel-Rhythmus von 12 Stunden und einem 24-fachen Luftwechsel pro Stunde.
Neben der mit normalem Stadtwasser betriebenen Tränkanlage wurden die Welpen mit einem Trockenfutter(2) ernährt.
Täglich konnten sich die Hunde gruppenweise insgesamt 5 Stunden in einem Auslaufraum bei bis auf den Luftwechsel (hier: 17,7 mal / h) gleichen klimatischen Bedingungen aufhalten. Die frischoperierten Hunde wurden erst nach 3 Tagen mit den anderen in den gemeinsamen Auslauf gelassen.

(1) Fa. Unico
(2) Dog Meal, Fa. Latz-Purina

IV. 4. Postoperativer Verlauf

Vor Beginn der Studie bestand Unklarheit über die Frage, ob die Hunde eine länger dauernde Abklemmung der oberen Hohlvene ohne Umgehungsablauf tolerieren würden. Es zeigte sich intraoperativ, daß die Hunde bei durchschnittlichen Abklemmzeiten der V. cava superior von 18,7 Minuten zwar stark zyanotisch in dem entsprechenden Ablaufgebiet wurden, es aber weder zu hämodynamischen Komplikationen, noch zu postoperativ feststellbaren neurologischen Ausfällen kam.

Der postoperative Verlauf war in insgesamt 29 von 31 Fällen unauffällig: nach ausschließlicher Zufuhr von Flüssigkeit am Operationstag erhielten die Versuchstiere ab dem ersten postoperativen Tag wieder die gewohnte Nahrung. Es fanden sich keine Anzeichen für Pneumonien oder sonstige operationsbedingte Entzündungen. Die Versuchstiere mit den Eingriffen PDN 7 und PGS 9 / PGS 19 bissen sich einzelne Hautnähte auf, wodurch es zu lokalen Infektionen kam, die aber unter Verwendung von Nebacetin-Puder^{R} (1) schnell zur Abheilung gebracht werden konnten.
Die Fäden der Hautnähte wurden am 10. postoperativen Tag gezogen, die Narben stellten sich reizlos dar.

(1) Fa. Byk Gulden

In 2 von 31 Fällen kam es postoperativ zu ernsten Komplikationen:
Der Hund mit dem Eingriff PGS 7 zerbiß den Schlauch seiner Thoraxdrainage. Es resultierte ein offener Pneumothorax, der nach sofortigem Ziehen der Drainage luftdicht verschlossen wurde, sodaß der weitere Verlauf unauffällig war.
Das Versuchstier mit den Eingriffen PDN l / PDN ll erlitt kurz nach der Extubation einen Atemstillstand und verstarb in der Hypoxie. Bei einer unmittelbar darauf durchgeführten postmortalen Untersuchung der Organe fand sich kein Anhalt für eine als Operationsfolge anzusehende Schädigung wie beispielsweise Stenosierung der V.cava, Thrombus, Herzruptur oder Lungenembolie, weshalb ein "Reflow" großer Mengen des Inhalationsnarkotikums aus dem Fettgewebe als Ursache für den apnoischen Anfall angenommen werden mußte.

IV. 5. Ergebniserhebung nach Ablauf der Beobachtungszeit

Nach Ablauf der jeweiligen Beobachtungszeit wurde in einer intravenösen Kurznarkose(1) erneut eine obere Cavographie durchgeführt, um während der Beobachtungszeit entstandene mögliche Veränderungen gegenüber den unmittelbar postoperativ angefertigten Röntgenaufnahmen dokumentieren zu können.

Durch Injektion eines hochdosierten Barbiturates(2) wurden die Tiere danach schmerzlos getötet.
Zur Verifizierung des Wachstums der Welpen nach dem Operationstermin wurden sie nun noch einmal gewogen. Im Anschluß daran wurden die oberen Hohlvenen mit den Anastomosenbereichen und die Nahtgebiete der rechten Vorhöfe entnommen (Abb. 10). Die Präparate der Hohlvenenanastomosen und der rechten Vorhöfe wurden zur makroskopischen Beurteilung der Innenwände der Länge nach aufgeschnitten (Abb. 18).

Zur histologischen Aufarbeitung wurden die Präparate auf Korkplatten aufgespannt und dann in 4 %-igem Formalin durchfixiert.
Zur Gewinnung der histologischen Präparate wurden nach einer Fixationsdauer von mindestens 24 Stunden Paraffin-Schnitte gelegt. Als Färbetechniken fanden Verwendung: Hämalaun Eosin, Elastica van Gieson, die Berliner Blau Reaktion, sowie die PTAH-Färbung (Phosphatungstic-acid-hämatoxylin).

(1) Thyamylal-Na, Surital^{R}, 20 mg/kg KG
(2) Pentobarbital-Na, Eutha 77^{R}, Fa.Wellcome, 140 mg/kg KG

Abb. 10:

Übersicht über den Operationssitus, postmortal.
Versuchstier mit den Eingriffen PGS 2 / PGS 12

Pfeil 1: Nahtbezirk im rechten Vorhof
Pfeil 2: Hohlvenenanastomose
Pfeil 3: Aorta ascendens
Pfeil 4: Pulmonalvenenast
Pfeil 5: Rechter Ventrikel

V. Ergebnisse

V. 1. Handhabungseigenschaften

Zwischen den verwendeten Nahtmaterielien Polyglykolsäure und Polydioxanon zeigen sich einige deutliche Unterschiede (siehe Tabelle 4):

Der in dieser Studie angewandte violett gefärbte Polydioxanonfaden ist besser sichtbar als der weiße Polyglykolsäurefaden. Vor allem der Polyglykolsäurefaden der Stärke 6 - 0 USP hebt sich bei Blutungen im Operationsbereich manchmal nicht genügend vom umgebenden Gewebe ab, da der Faden sich durch das Blut im Operationsbereich anfärbt.

Während die Griffigkeit des Polydioxanonfadens im Vergleich zum Polyglykolsäurefaden noch verbesserungswürdig ist, weist der monofile Polydioxanonfaden in den in dieser Studie verwendeten Fadenstärken 4 - 0 USP und 6 - 0 USP eine ebenso gute Flexibilität wie der geflochtene Polyglykolsäurefaden auf.
Die Aussage, monofile Nahtmaterialien seien grundsätzlich weniger flexibel als geflochtene, bestätigt sich hier im direkten Vergleich zwischen Polydioxanon und Polyglykolsäure also nicht.

Bezüglich der Gewebepassage besitzt der Polydioxanonfaden eindeutige Vorteile gegenüber dem Polyglykolsäurefaden: der Polydioxanonfaden passiert ähnlich wie der ebenfalls verwendete monofile Polypropylenfaden das Gewebe glatt

ohne feststellbare Sägewirkung. Die schon in früheren Studien kritisierte Sägewirkung des geflochtenen Polyglykolsäurefadens im Gewebe ist auch in dieser Studie besonders bei der Anastomosennaht aufgefallen. So waren die kleinen Blutungen der Stichkanäle durch die Gewebetraumatisierung infolge der Fadenpassage bei der Verwendung des Polyglykolsäurematerials deutlich stärker ausgeprägt.
Das in der Literatur beschriebene Einschneiden der Fäden ins Gewebe aufgrund der Sägewirkung der Polyglykolsäurefäden wurde in dieser Studie allerdings nicht beobachtet.

Ein Mangel der Nahtmaterialien aus Polydioxanon zeigt sich bei der Fadenstärke 6 - 0 USP: teilweise kräuselt sich der Faden korkenzieherartig nach der Passage des Gewebes (Abb. 11). Die Kräuselung des Polydioxanonfadens bereitet vor allem bei fortlaufender Nahttechnik einige Schwierigkeiten, da der Faden sehr sorgfältig geführt werden muß, um Verhedderungen in den kleinen Schlaufen zu vermeiden. Auch die Knüpfbarkeit ist durch diese sporadisch auftretende Fadeneigenschaft beeinträchtigt.

Abb. 11:

Korkenzieherartige Kräuselung eines Polydioxanonfadens der Stärke 6 - 0 USP nach Gewebepassage.

Die unterschiedlichen Oberflächenstrukturen der beiden Nahtmaterialien bedingen auch eindeutig ihre Knüpfeigenschaften:
Der Knotenlauf des geflochtenen Polyglykolsäurefadens ist erheblich schlechter als der des Polydioxanonfadens. Ein über dem Nahtgebiet geschlungener Knoten des Polyglykolsäurematerials läßt sich nicht wie gewohnt mit einem zweiten in die Nahtstelle hinabsenken.

Bei gutem Knotenlauf des Polydioxanonfadens infolge der glatten Oberfläche des monofilen Materials bereiten aus demselben Grund der Knotensitz und die Knotenfestigkeit einige Schwierigkeiten. So ist eine exakte Fixierung des ersten plazierten Knotens nur mühsam zu erreichen, da sich bis zum Aufsetzen des zweiten Knotens der erste meist schon wieder etwas aufgezogen hat. Der Polyglykolsäurefaden besitzt hier durch seine geflochtene Struktur deutliche Vorteile im Sinne eines sicheren Knotensitzes, sodaß der erste plazierte Knoten schon sicher an der aufgesetzten Stelle verbleibt und in der Regel weniger sichernde Knoten notwendig sind als bei Polydioxanonfäden.

Im Unterschied zu den Polyglykolsäurefäden ist die Reißfestigkeit insbesondere der dünnen 6 - 0 USP Polydioxanonfäden mit nicht optimal zu beurteilen, der Faden reißt häufig beim Festziehen des Knotens, was bei Polyglykolsäurefäden derselben Stärke nicht auftritt.
Außerdem fällt eine gewisse federnde Elastizität des Polydioxanonfadens auf, die eine exakte Kontrolle des zum Legen eines sicheren Knotens notwendigen Fadenzuges erschwert.

Tabelle 4:

	Polyglykolsäure	Polydioxanon
Sichtbarkeit	+	++
Griffigkeit	++	+
Flexibilität	+	+
Gewebepassage	-	++
Sägewirkung	ausgeprägt	ø
Kräuselung	ø	stark bei 6-0 USP
Knotenlauf	-	++
Knotensitz	+	-
Reißfestigkeit	++	- (6-0 USP)
Knotensicherheit	++	-

Legende: ø = nicht vorhanden
- = verbesserungswürdig
+ = gut
++ = sehr gut

Beurteilung der Handhabungseigenschaften der getesteten Nahtmaterialien.

V. 2. Wachstum der Versuchstiere

Die zur Bestätigung des Wachstums der Welpen direkt vor der Operation und vor der postmortalen makroskopischen Beurteilung durchgeführten Gewichtsmessungen erbrachten folgende Ergebnisse (siehe Tabelle 5):

Tabelle 5:

	Nach 30 Tagen	Nach 60 Tagen	Nach 180 Tagen
$\bar{x}$	+ 0,60 kg	+ 1,60 kg	+ 3,00 kg
s^2	0,24 kg^2	0,96 kg^2	3,63 kg^2
s	0,49 kg	0,98 kg	1,90 kg

Legende: $\bar{x}$ = Mittelwert der Gewichtsänderungen
s^2 = Varianz
s = Standardabweichung

Durchschnittliche Gewichtsänderungen der Versuchstiere nach Ablauf der Beobachtungszeiten mit statistischer Angabe der Streuung der Meßwerte.

Die durchschnittliche Gewichtszunahme der nach 30 Tagen Beobachtungsdauer gewogenen Hunde betrug 0,6 kg = 4 %, der nach 60 Tagen gewogenen 1,6 kg = 13 % und der nach 180 Tagen gewogenen 3,0 kg = 29 %.
Die Mittelwerte der Gewichtsänderungen bestätigen ein gemäß der Versuchsplanung angestrebtes Wachstum der Welpen.
Allerdings streuen die Meßwerte, wie aus den statistischen Angaben der Varianz und der Standardabweichung hervorgeht, erheblich.

V. 3. Angiographische Ergebnisse

Bei den direkt nach der Operation durchgeführten oberen Cavographien zeigt sich bei 5 Versuchstieren eine unterschiedlich stark ausgeprägte sanduhrförmige Stenosierung der Vena cava superior in Höhe des Hämoclips, der die Anastomosenregion markiert.

Im Einzelnen findet sich bei folgenden Eingriffen eine Stenosierung des Anastomosenbereiches:

Versuchstier mit Eingriff PDN 12: operiert mit Polydioxanonfaden, geplante Beobachtungszeit 5 Tage.

Versuchstier mit Eingriff PDN 17: operiert mit Polydioxanonfaden, geplante Beobachtungszeit 60 Tage. (Abb. 12 - S. 47)

Versuchstier mit Eingriff PGS 19: operiert mit Polyglykolsäurefaden, geplante Beobachtungszeit 180 Tage. (Abb. 14 - S. 49)

Versuchstier mit Eingriff PDN 20: operiert mit Polydioxanonfaden, geplante Beobachtungszeit 180 Tage. (Abb. 16 - S. 51)

Versuchstier mit Eingriff PGS 20: operiert mit Polyglykolsäurefaden, geplante Beobachtungszeit 180 Tage. (Abb. 9 - S. 31)

Die nach Ablauf der vorgesehenen Beobachtungszeit durchgeführten Angiographien dieser 5 Hunde erbrachten folgende Befunde im Vergleich zu den auf den Voraufnahmen dargestellten Stenosebezirken:

Versuchstier mit Eingriff PDN 12: nach 5 Tagen Beobachtungsdauer keine Veränderung des Stenosebereiches.

Versuchstier mit Eingriff PDN 17: nach 60 Tagen Beobachtungsdauer Kontrastmittelfluß gleichbleibender Breite im Bereich der V.cava superior, die Stenose stellt sich nicht mehr dar. (Abb. 13 - S.48)

Versuchstier mit Eingriff PDS 19: nach 180 Tagen Beobachtungsdauer Kontrastmittelfluß gleichbleibender Breite im Bereich der V.cava superior, die Stenose stellt sich nicht mehr dar. (Abb. 15 - S.50)

Versuchstier mit Eingriff PDN 20: nach 180 Tagen Beobachtungsdauer Kontrastmittelfluß gleichbleibender Breite im Bereich der V.cava superior, die Stenose stellt sich nicht mehr dar. (Abb. 17 - S.52)

Versuchstier mit Eingriff PDS 20: nach 180 Tagen Beobachtungsdauer Kontrastmittelfluß gleichbleibender Breite im Bereich der V.cava superior, die Stenose stellt sich nicht mehr dar.

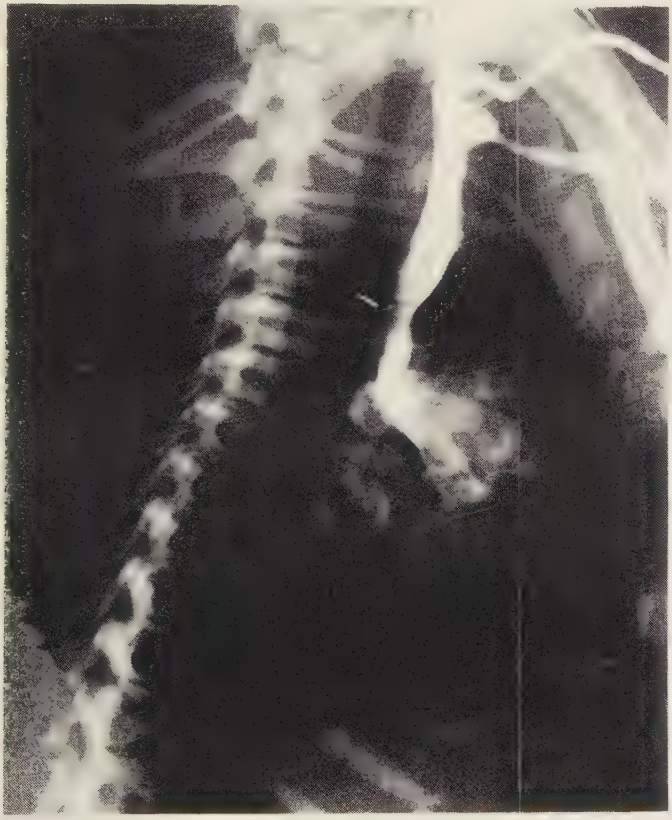
Abb. 12:

Direkt postoperative Angiographie des Versuchstieres mit den Eingriffen PPL 7 und PDN 17. Der in Höhe des Hämoclips sich darstellende Anastomosenbereich ist deutlich stenosiert.

Abb. 13:

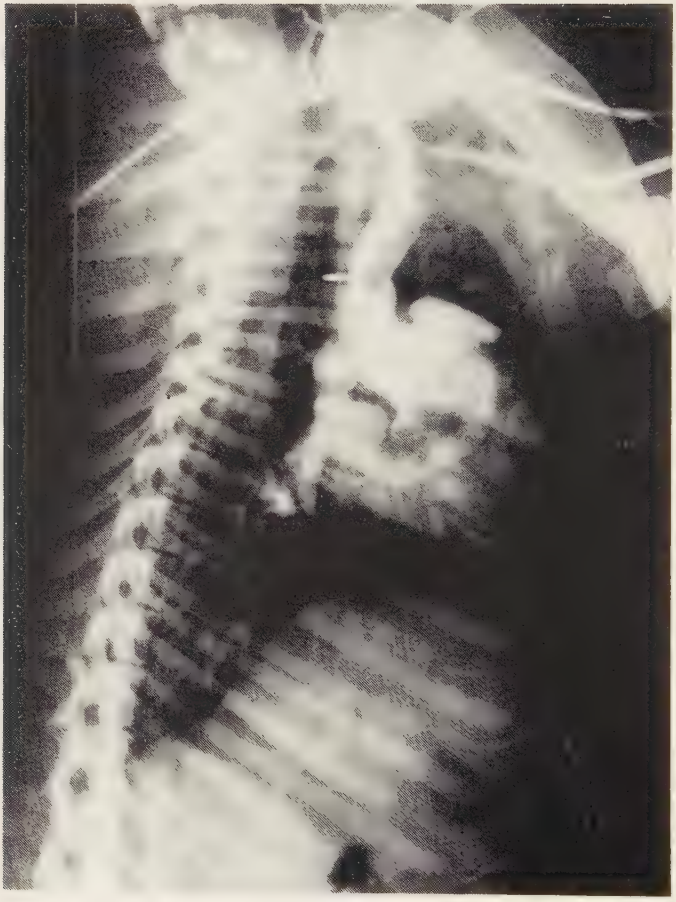
Angiographie nach Ablauf der Beobachtungszeit von 60 Tagen bei dem Hund mit den Eingriffen PPL 7 und PDN 17. Kontrastmittelfluß gleichbleibender Breite im Bereich der oberen Hohlvene, nach 60 Tagen stellt sich die Stenose nicht mehr dar.

Abb. 14:



Direkt postoperative Angiographie des Versuchstieres mit dem Eingriff PDN 20.
Der in Höhe des Hämoclips sich darstellende Anastomosenbereich ist mäßig stenosiert.

Abb. 15:



Angiographie nach Ablauf der Beobachtungszeit von 180 Tagen bei dem Hund mit dem Eingriff PDN 20. Kontrastmittelfluß gleichbleibender Breite im Bereich der oberen Hohlvene, nach 180 Tagen stellt sich die Stenose nicht mehr dar.

Abb. 16:

Direkt postoperative Angiographie des Versuchstieres mit den Eingriffen PGS 9 und PGS 19. Der in Höhe des Hämoclips sich darstellende Anastomosenbereich der oberen Hohlvene ist massiv stenosiert.

Abb. 17:

Angiographie nach Ablauf der Beobachtungszeit von 180 Tagen bei dem Hund mit den Eingriffen PGS 9 und PGS 19. Kontrastmittelfluß gleichbleibender Breite im Bereich der oberen Hohlvene, nach 180 Tagen stellt sich die Stenose nicht mehr dar.

Aus diesen angiographisch erhobenen Befunden geht hervor, daß die Nahtmaterialien aus Polyglykolsäure und Polydioxanon beide eine nachträgliche Aufweitung zunächst stenotischer Anastomosenbereiche zulassen.

Bei allen anderen Versuchstieren waren sowohl die Angiographie direkt nach der Operation, als auch die angiographischen Kontrollen der Anastomosenbereiche nach Ablauf der Beobachtungszeit unauffällig.
Es kam in keinem Fall zu einer nachträglichen Stenose. Aneurysmen, Nahtinsuffizienzen oder gar Rupturen wurden ebenfalls nicht festgestellt.

Die röntgenologischen Kontrollen im Nahtgebiet der rechten Vorhöfe erbrachten keine auffälligen Befunde. In keinem Fall wurden Aneurysmen, Nahtinsuffizienzen oder Rupturen beobachtet.

V. 4. Makroskopische Ergebnisse

Bei der postmortalen Beurteilung der Innenwände der Anastomosenbereiche der Vena cava superior wurde bei dem Eingriff PGS 13 nach 10 Tagen Durchströmungszeit ein wandständiger, das Gefäßlumen deutlich einengender Thrombus gefunden, sowie in den Fällen der Eingriffe PDN 14 und PDN 18 jeweils ein Anastomosenpolster (Abb. 18).

Abb. 18:

Der Länge nach aufgeschnittener Nahtbereich der oberen Hohlvene mit Anastomosenpolster, Eingriff PDN 18 nach 60 Tagen Beobachtungsdauer.

Im Bereich der Vorhofnähte wurden keine Thromben, wohl aber Anzeichen mäßiger fibrinöser Perikarditiden gefunden. In 2 von 30 Fällen (Eingriffe PGS 10 und PDN 7) fielen weißliche Endokardverdickungen auf, bei denen es sich möglicherweise um Endokardfibrosen handelt.

Bei der makroskopischen Beurteilung der Operationsbereiche sowohl der Hohlvenenanastomosen, als auch der Nahtgebiete in den rechten Vorhöfen ergaben sich in allen übrigen Fällen keine auffälligen Befunde.

Die postmortalen Kontrollmessungen ergaben keine durch das Wachstum der Versuchstiere bedingte signifikante Zunahme der Abstände zwischen den im rechten Vorhof befestigten Hämoclips. Eine durch das Nahtmaterial bedingte Schrumpfung der Narbenbereiche konnte allerdings ausgeschlossen werden.

V. 5. Histologische Ergebnisse

Der Resorptionsverlauf der synthetischen resorbierbaren Nahtmaterialien in der oberen Hohlvene wurde anhand der in der beschriebenen Weise entnommenen, fixierten und gefärbten Gewebeproben nach den in Tabelle 6 dargestellten histologischen Kriterien beurteilt.

Während 5 Tage postoperativ beide Nahtmaterialien histologisch unverändert erhalten sind, beginnt die Resorption der Polyglykolsäurefäden früher als die der Polydioxanonfäden.
Nach Ablauf von 30 Tagen ist die Lyse nach Verwendung von Polyglykolsäure schon fortgeschritten (Abb. 19), während sie sich bei Polydioxanon erst im Anfangsstadium befindet.
Nach 60 Tagen sind bei einem der mit Polyglykolsäure operierten Hunde nur noch Fadenreste zu finden, während die Polydioxanonfäden erst partiell lysiert sind.
Nach 180 Tagen ist die Resorption beider Fadenmaterialien vollständig abgeschlossen.

Wie aus der letzten Spalte der Tabelle 6 hervorgeht, läßt sich Phagozytose in 7 von 19 Fällen im histologischen Präparat nachweisen, ohne daß allerdings Unterschiede zwischen den beiden Fadenmaterialien auffallen. Es ist eine gewisse Häufung der Phagozytoseaktivität im Resorptionsstadium der partiellen Lyse feststellbar, es treten also vermehrt Monozyten und Histiozyten auf. Nach 180 Tagen finden sich bei vollständiger Fadenresorption keine Phagozytosezellen mehr.

Abb. 19:

Legende: i = Intima
f = Fadengranulom

Vernarbte Anastomose der oberen Hohlvene
mit Fadengranulomen.
Material: Polyglykolsäure
Eingriff: PGS 15
Beobachtungszeit: 30 Tage
(Färb. HE, Vergr. 90x)

Tabelle 6:

Beobachtungsdauer	Eingriff	keine Fadenresorption	beginnende Fadenresorption	fortgeschrittene Resorption	vollständige Resorption	Fadenphagocytose
5 Tage	PGS 11	+				
	PGS 12	+				
	PDN 11					
	PDN 12	+				
10 Tage	PGS 13		+	(+)		++
	PGS 14		+			+
	PDN 13	+				
	PDN 14	+				
30 Tage	PGS 15		+			
	PGS 16		+	(+)		+
	PDN 15	+	+			++
	PDN 16	+	+			+
60 Tage	PGS 17		+			
	PGS 18			+		
	PDN 17	+	+			(+)
	PDN 18		+			+
180 Tage	PGS 19				+	
	PGS 20				+	
	PDN 19				+	
	PDN 20				+	

Legende: PGS = Polyglykolsäure
PDN = Polydioxanon
++ = stark ausgeprägt
+ = vorhanden
(+) = schwach ausgeprägt

Fadenresorption in der Vena cava superior

Die Gewebereaktion auf die synthetischen resorbierbaren Nahtmaterialien in der Vena cava superior wurde anhand der in Tabelle 7 aufgeführten Kriterien beurteilt.

Bei beiden Nahtmaterialien sind 5 Tage postoperativ keine Unterschiede bezüglich der Gewebereaktion festzustellen.
Entsprechend der gegenüber Polydioxanon früher eintretenden Resorption ist bei Polyglykolsäure nach 10 Tagen die Fremdkörperreaktion und Ausbildung von Granulationsgewebe etwas stärker ausgeprägt als bei dem monofilen Faden. Hingegen ist bei Polyglykolsäure nach 60 Tagen die Gewebereaktion schon geringer als bei Polydioxanon und nach Ablauf von 180 Tagen finden sich in den Polyglykolsäurepräparaten keine Hinweise mehr für eine reaktive Gewebeproliferation, während die mit Polydioxanon anastomosierten Gefäßbereiche immer noch Fibroblasten und Kapillarneubildungen aufweisen.

In 4 von 19 Fällen finden sich wandständige, in Organisation befindliche Thromben, welche bei den Eingriffen PDN 13 und PGS 14 mit jeweils 10 Tagen Durchströmungsdauer, sowie bei dem Eingriff PDN 12 mit 5 Tagen Beobachtungsdauer flach und wahrscheinlich ohne hämodynamische Bedeutung sind. Der bei dem Eingriff PGS 13 nach 10 Tagen Beobachtungszeit aufgefundene Thrombus engt das Gefäßlumen deutlich ein, was schon angiographisch vermutet worden und auch bei der makroskopischen Beurteilung zu erkennen war.

Tabelle 7:

Tage nach Implantation	Implantat	I. Fremdkörperreaktion	II. Granulationsgewebe	II.a Fibroblasten	II.b Kapillaren
7	PGS 11	(+)	+	+	+(+)
	PGS 12	+	++(+)	+(+)	++
14	PDS 11				
	PDS 12	(+)	+(+)	+	+++
21	PGS 13	++	+	+(+)	+(+)
	PGS 14	+(+)	++	+	++
28	PDS 13	+	+	+	+
	PDS 14	+(+)	+	(+)	+
42	PGS 15	+(+)	+	+	+
	PGS 16	+(+)	(+)	(+)	(+)
56	PDS 15				
	PDS 16	++(+)	+	+(+)	+
70	PGS 17	+(+)	∅	+	∅
	PGS 18	(+)	∅	∅	∅
84	PDS 17	+	+	+	+(+)
	PDS 18	+(+)	(+)	+	(+)
112	PGS 19	∅	∅	∅	∅
	PGS 20	∅	∅	∅	∅
140	PDS 19	∅	∅	(+)	(+)
	PDS 20	∅	∅	∅	(+)

Legende: PGS = Polyglykolsäure
PDS = Polydioxanon
+++ = ausgeprägt
++ = mäßig
+ = gering

Obliteration in der Vena cava superior

Ein Anastomosenpolster im Bereich der Intima findet sich unter den 10 mit Polyglykolsäure operierten Hunden lediglich bei dem Eingriff PGS 13 mit einer Beobachtungsdauer von 10 Tagen. Auf dem Boden dieses fibrinösen Polsters findet sich der schon oben erwähnte deutlich obstruierende Thrombus, sowie eine überschießende Bindegewebsneubildung und diskrete Anzeichen für eine Anastomoseninfektion.

Die mit Polydioxanon ausgeführten Nähte weisen in 4 von 10 Fällen im Bereich der Intima geringgradig ausgeprägte Anastomosenpolster auf, von denen die bei den Eingriffen PDN 14, PDN 17 und PDN 18 beobachteten Polster fibrinös bedingt sind, während das bei dem Eingriff PDN 13 durch eine Thrombose mit Fibrinauflagerungen bedingt ist. Bei diesen 4 Eingriffen mit einem Anastomosenpolster finden sich jeweils auch umfangreiche Mediavernarbungen.

In allen nach Ablauf von 60 und mehr Tagen untersuchten Fällen finden sich sowohl bei Polyglykolsäure als auch bei Polydioxanon histologisch deutlich ausgeprägte Wandausdünnungen im Bereich der vernarbten Anastomosen (Abb. 20).

Abb. 20:

Legende: i = Intima
m = Media
a = Adventitia

Vernarbte Anastomose der oberen Hohlvene ohne Fremdkörperreaktion mit ausgeprägter lokaler Gefäßwandausdünnung.
Material: Polyglykolsäure
Eingriff: PGS 19
Beobachtungszeit: 180 Tage
(Färb. E.v.G., Vergr. 90x)

Bei den am Vorhofmyokard durchgeführten Eingriffen fanden drei verschiedene Nahtmaterialien Verwendung. Da es sich bei dem auch angewandten Polypropylenfaden um einen nichtresorbierbaren Faden handelt, ist der Polypropylenfaden in der Tabelle 8 zum Resorptionsablauf im Gewebe der rechten Vorhöfe nicht berücksichtigt.

Wie zu erwarten zeigen sich die beiden resorbierbaren Nahtmaterialien am 5. postoperativen Tag im histologischen Präparat unverändert. Auch nach 10 Tagen liegen alle Fäden im Vorhofmyokard noch in toto vor, allein im Fall eines Polyglykolsäurefadens ist zu diesem Zeitpunkt schon eine beginnende Fadenauflösung feststellbar. Analog zu den Präparaten aus den oberen Hohlvenen zeigt sich auch im Vorhof eine frühere Resorption der Polyglykolsäurefäden gegenüber den Polydioxanonfäden: nach 30 Tagen sind die Fäden bei beiden mit Polyglykolsäure operierten Versuchstieren in fortgeschrittener Lyse und auch die Polyglykolsäurefäden der nach 60 Tagen getöteten Hunde liegen in diesem Resorptionsstadium vor. Die Polydioxanonfäden liegen nach den entsprechenden Beobachtungszeiträumen noch in toto vor, abgesehen von einem Fall mit einer Beobachtungszeit von 30 Tagen, der sich zu diesem Zeitpunkt schon im Stadium der partiellen Lyse befindet (Tabelle 8, Eingriff PDN 6). Dieser Befund hebt sich als Einzelbefund von den übrigen Werten ab, da beide nach 60 Tagen entnommenen Polydioxanonproben noch keine Veränderungen im Sinne einer beginnenden Resorption aufweisen.

:

Tier-nummer	Ein-griff	keine Faden-resorption	beginnende Faden-resorption	fortge-schrittene Resorption	voll-ständige Resorption	Faden-phago-cytose
	PGS 1	+				
	PGS 2	+				
	PDN 1					
	PDN 2	+				
	PGS 3	+	(+)			+
	PGS 4	+				
	PDN 3	+				
	PDN 4	+				
	PGS 5		+			+
	PGS 6		+			+
	PDN 5	+				
	PDN 6		+			+
	PGS 7		+			+
	PGS 8		+			+
	PDN 7	+				+
	PDN 8	+				
	PGS 9				+	+
	PGS 10				+	
	PDN 9			+		+
	PDN 10			+		+

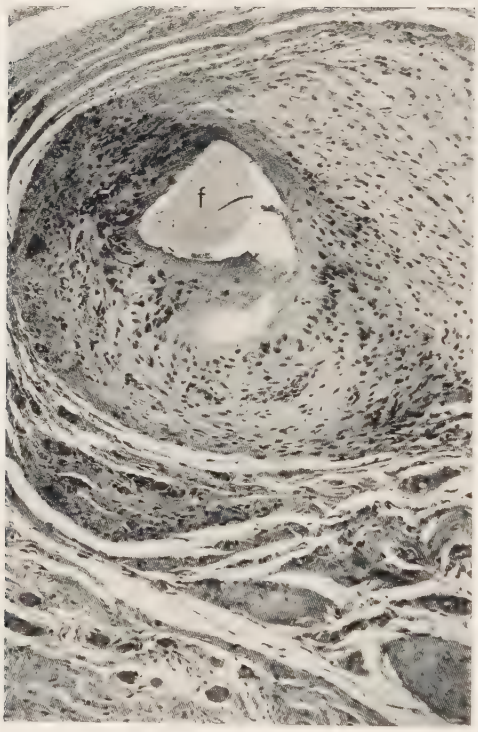
gende: PGS = Polyglykolsäure
PDN = Polydioxanon
\+ = vorhanden
(+) = schwach ausgeprägt

nr sorption im Myokard des rechten Vorhofs

Nach 180 Tagen ist der Polyglykolsäurefaden im Vorhofmyokard wie auch in der Venenwand vollständig resorbiert.
In den mit Polydioxanon vernähten Myokardbezirken hingegen lassen sich im Gegensatz zu den entsprechenden Eingriffen an den oberen Hohlvenen auch nach 180 Tagen noch geringe nichtresorbierte Fadenreste nachweisen (Abb. 21).

Analog zu den Eingriffen an der Vena cava superior sind auch im Nahtgebiet des Vorhofmyokards in 10 von 20 Fällen Phagozytosen der Fäden feststellbar, wobei auch hier der stärkste Grad der Phagozytoseaktivität zum Zeitpunkt der beginnenden Fadenresorption zu beobachten ist. Entsprechend der im Vorhofmyokard offensichtlich etwas längeren Resorptionsdauer der Nahtmaterialien ist auch die Phagozytoseaktivität leicht erhöht und im Unterschied zu den Hohlvenenpräparaten auch noch nach 180 Tagen nachweisbar.

Abb. 21:



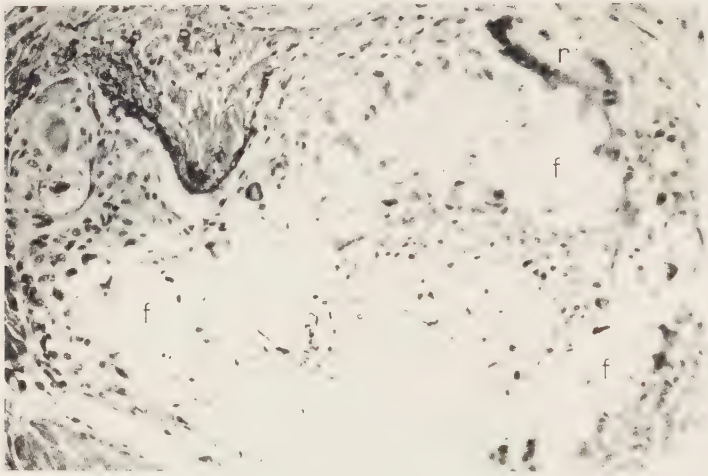
Legende: f = Fadenrest

Zellreiches, vernarbtes Fadengranulom im Myokard des rechten Vorhofes mit spärlichen Fadenresten und noch mäßiger Fremdkörperreaktion.
Material: Polydioxanon
Eingriff: PDN 9
Beobachtungsdauer: 180 Tage
(Färb. HE, Vergr. 145x)

Die Gewebereaktion auf die Nahtmaterialien im Myokard des rechten Vorhofes (Tabelle 9) wurde anhand der entnommenen Gewebeproben nach den gleichen Kriterien beurteilt wie die zuerst beschriebenen Gewebeproben der oberen Hohlvene.

Die Fremdkörperreaktion des Gewebes zeigt ab dem 10. postoperativen Tag gewisse Unterschiede zwischen den einzelnen Nahtmaterialien: bis einschließlich zum 60. Tag ist die Gewebereaktion auf Polyglykolsäure etwas intensiver als auf Polydioxanon, während der Polypropylenfaden die geringste Gewebereaktion hervorruft (Abb. 22).
Auffallend ist der Befund, daß nach 180 Tagen eine vorher nicht zu beobachtende starke Fremdkörperreaktion bei Polydioxanon auftritt, während diese bei Polyglykolsäure so gut wie überhaupt nicht mehr vorhanden ist. Sie ist gekennzeichnet durch noch restlich verbliebene Ansammlungen von Histiozyten, die am Ort des resorbierten Fadenmaterials Platzhalterfunktion ausüben können (Abb. 23). Dieser Befund ist bei Polyglykolsäure nicht in diesem Ausmaß zu erheben, was wahrscheinlich darauf zurückzuführen ist, daß die Resorption des Polyglykolsäurefadens früher abgelaufen ist, sodaß der entsprechende Befund im Intervall zwischen 60 und 180 Tagen postoperativ aufgetreten sein dürfte und somit nicht dokumentiert werden konnte.

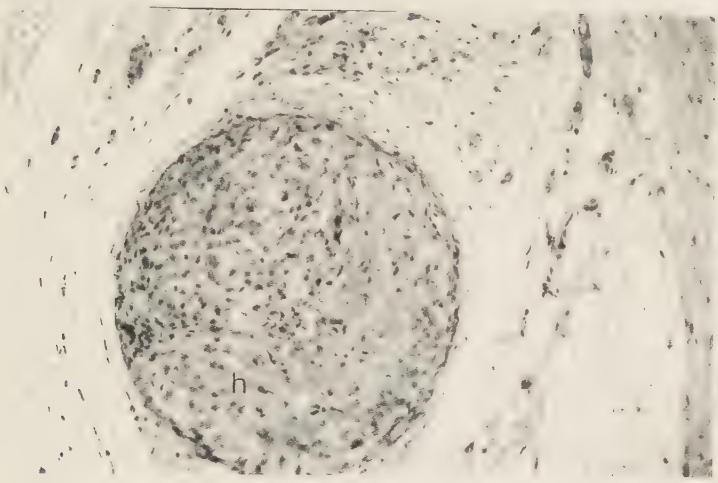
Abb. 22:



Legende: f = Polyglykolsäurefilamente
r = Fremdkörperriesenzelle

Fadengranulom um den geflochtenen Polyglykolsäurefaden im Vorhofmyokard mit lebhafter Fremdkörperreaktion.
Material: Polyglykolsäure
Eingriff: PGS 6
Beobachtungsdauer: 30 Tage
(Färb. E.v.G., Vergr. 230x, Polarisationsoptik)

Abb. 23:



Legende: h = Histiozytenansammlungen

Epikardiales Fettgewebe des Vorhofes
mit fortgeschrittener Fadenresorption.
Histiozytenproliferation mit Platz-
halterfunktion.
Material: Polydioxanon
Eingriff: PDN 10
Beobachtungsdauer: 180 Tage
(Färb. HE, Vergr. 230x)

Tabelle 9:

Beobachtungsdauer	Eingriff	I. Fremdkörperreaktion	II. Granulationsgewebe	II.a Fibroblasten	II.b Kapillaren
5 Tage	PGS 1	Ø	+++	+	++
	PGS 2	+	++(+)	+	++
	PDN 1				
	PDN 2	Ø	+++	++	++
	PPL 1	(+)	+++	+	+
	PPL 2	Ø	+++	+	+
10 Tage	PGS 3	++	+(+)	+	+
	PGS 4	++	+(+)	+(+)	++
	PDN 3	+	+++	+++	+++
	PDN 4	++	++	++	++
	PPL 3	(+)	++	+(+)	++
	PPL 4	+(+)	++(+)	++	++(+)
30 Tage	PGS 5	+++	++(+)	+(+)	+++
	PGS 6	+++	++(+)	+(+)	++(+)
	PDN 5	++	+(+)	+	+(+)
	PDN 6	+(+)	+(+)	+	+(+)
	PPL 5	+(+)	+	+	+
	PPL 6	+(+)	+(+)	+	++
60 Tage	PGS 7	++	(+)	(+)	(+)
	PGS 8	+(+)	(+)	(+)	+
	PDN 7	+(+)	+	+(+)	+
	PDN 8	+	(+)	(+)	(+)
	PPL 7	(+)	+	(+)	+(+)
	PPL 8	+	(+)	(+)	(+)
180 Tage	PGS 9	+	Ø	+	Ø
	PGS 10	Ø	Ø	(+)	Ø
	PDN 9	++(+)	Ø	(+)	(+)
	PDN 10	++(+)	Ø	(+)	Ø
	PPL 9	+(+)	Ø	(+)	+
	PPL 10	+(+)	Ø	(+)	Ø

Legende:

PGS = Polyglykolsäure
PDN = Polydioxanon
PPL = Polypropylen

+++ = ausgeprägt
++ = mäßig
+ = gering
Ø = nicht vorhanden

Geweberealktion im Myokard des rechten Vorhofs

Die Neubildung von Granulationsgewebe ist bei allen Fadenmaterialien am stärksten 5 und 10 Tage post operationem, um danach kontinuierlich abzufallen und nach 180 Tagen nicht mehr nachweisbar zu sein. Unterschiede in der Intensität der Bildung von Granulationsgewebe sind zwischen den drei im Myokard des rechten Vorhofes untersuchten Substanzen nicht festzustellen, dasselbe gilt für die Fibroblastenproliferationen und Kapillarsprossungen, die - von Einzelfällen abgesehen - einheitlich mit Aktivitätsmaxima um den 10. bis 30. postoperativen Tag verläuft.

Bei beiden verwendeten resorbierbaren Nahtmaterialien finden sich im Vorhof vereinzelt Mikroverkalkungen im Nahtbereich und zwar bei Polyglykolsäure nach den Eingriffen PGS 1, PGS 3, PGS 4 und PGS 10, bei Polydioxanon im Rahmen der Eingriffe PDN 1, PDN 8 und PDN 9 (Abb. 24).
Auch bei dem nichtresorbierbaren Polypropylenfaden treten diese Mikrokalzifikationen auf, dies ist der Fall bei den Eingriffen PPL 1, PPL 3, PPL 4 und PPL 8.

Abb. 4:

Legende: v = Verkalkungen

Regressive schollige Verkalkungen in einem alten Fadengranulom ohne erkennbare Fadenreste im Vorhofmyokard.
Material: Polydioxanon
Eingriff: PDN 9
Beobachtungsdauer: 180 Tage
(Färb. HE, Vergr. 90x)

VI. Diskussion

Ziel der vorliegenden Arbeit war die Erprobung der synthetischen resorbierbaren Nahtmaterialien Polyglykolsäure und Polydioxanon zur Verwendung in der Herz- und Gefäßchirurgie.
Unabhängig von der speziellen klinischen Fragestellung waren intraoperativ zunächst die Eigenschaften im experimentellen Gebrauch dieser Fäden zu beurteilen. Bei der Betrachtung dieser Ergebnisse wurden unterschiedliche Vor- und Nachteile bei den Eigenschaften der Handhabung der Nahtmaterialien aus Polyglykolsäure und Polydioxanon deutlich: nach der Gewebepassage des geflochtenen Polyglykolsäurefadens wurden deutlich stärkere Blutungen aus den Stichkanälen beobachtet als bei der Verwendung von Polydioxanonfäden. Diese Blutungen aus den Stichkanälen sind als Sägewirkung der Polyglykolsäurefäden zu interpretieren, wie sie schon von anderen Autoren beschrieben wurden (BONKE et al. 1973, THIEDE et al. 1981, WRUBS u. GOTTLOB 1981). Die Sägewirkung des Polyglykolsäurefadens wurde von uns allerdings nicht so ausgeprägt beobachtet wie von DARDIK et al.(1970) und GSCHNITZER (1975), die von einem Einschneiden der Fäden ins Gewebe infolge einer starken Sägewirkung bei der Fadenpassage berichteten.
Die Knüpfeigenschaften und insbesondere der sichere Knotensitz der Polyglykolsäurefäden sind als gut zu beurteilen.

Die Polydioxanonfäden weisen aufgrund ihrer monofilen Struktur eine deutlich bessere Gewebepassage und geringere Gewebetraumatisierung auf als die geflochtenen Polyglykolsäurefäden. Andererseits bedingt die monofile Struktur und damit glattere Oberfläche der Polydioxanonfäden schlechtere Knüpf- und insbesondere Knoteneigenschaften, sodaß mehr Sicherheitsknoten notwendig sind, um bei einem geknüpften Knoten die nötige Festigkeit zu gewährleisten. Unseres Erachtens können diese Nachteile der Polydioxanonfäden jedoch angesichts der schonenderen Gewebepassage in Kauf genommen werden, zumal die schlechteren Knüpfeigenschaften des monofilen Materials nach einer gewissen Gewöhnungszeit bei modifizierter Knotentechnik in den Hintergrund treten.
Bei den Polydioxanonfäden der Stärke 6 - 0 USP traten teilweise korkenzieherartige Kräuselungen der Fäden nach der Gewebepassage auf, die eine weitere Durchführung der fortlaufenden Nahttechnik und besonders das Schlingen der Knoten erschwerte. Ebenso beschrieben HUDSON u. GLENN (1979) diese Kräuselungen, die auch sie nur vereinzelt beobachteten. Geht man davon aus, daß das Fadenmaterial von einheitlicher Beschaffenheit war, so ist anzunehmen, daß die nur sporadisch auftretende Kräuselung Folge unterschiedlicher Handhabungstechniken ist. So konnte die Kräuselung der Polydioxanonfäden vermieden werden, wenn der Faden nicht in spitzem Winkel sondern senkrecht zur Nahtebene durch den Stichkanal gezogen wurde.

Ebenfalls einer gewissen Gewöhnung bedarf eine federnde Elastizität der Polydioxanonfäden, insbesondere der Stärke 6 - 0 USP, die die Selbstkontrolle des aufgewendeten Fadenzuges beim Knoten erschwert. Infolge des so schwieriger zu dosierenden Fadenzuges und der insgesamt nicht sehr hohen Reißfestigkeit der 6 - 0 USP Polydioxanonfäden kam es häufiger zu einem Abreißen der Fäden beim Knoten.

Der klinische Aspekt der Fragestellung dieser Arbeit sollte Aufschluß darüber geben, inwieweit am Niederdrucksystem des Herzens mit den synthetischen resorbierbaren Nahtmaterialien Polyglykolsäure und Polydioxanon operierte junge Hunde eine längere Wachstumsphase komplikationslos überleben würden, oder ob es im Rahmen der Resorption der Fäden zu Rupturen in den Nahtbereichen kommen würde. Es zeigte sich, daß mit Ausnahme eines an den Folgen eines Narkosezwischenfalls verstorbenen Hundes alle übrigen 30 Versuchstiere während der vorgesehenen Beobachtungszeiten von maximal 6 Monaten klinisch unauffällig waren. Weder in den Operationsbereichen der oberen Hohlvenen, noch in denen der rechten Vorhöfe fanden sich Hinweise für Blutungen während oder nach Resorption der Nahtmaterialien.
Auch bei der postmortalen makroskopischen Beurteilung der Organe fand sich nur in einem Fall ein das Lumen stenosierender Thrombus. Alle übrigen Untersuchungen erbrachten keinen

Anhalt für Thromben, Aneurysmabildungen, Lungenembolien oder sonstige pathologische Veränderungen.
Diese Befunde stehen in Einklang mit den Beobachtungen von MYERS et al. (1982) und VINCENT et al. (1983): in der Studie von MYERS et al. hielten mit Polydioxanon anastomosierte Bezirke der infrarenalen Aorta von Schweinen postmortal ausnahmslos einer Druckbelastung von 300 mm Hg stand. Auch VINCENT et al. fanden bei der Verwendung von Polyglykolsäure am rechten Vorhof von Kaninchenherzen keinen Anhalt für Nahtinsuffizienzen.

Ebenfalls bestätigt wurden die klinischen Befunde durch die angefertigten Angiographien: in keinem Fall fanden sich Anzeichen für Nahtinsuffizienzen, Rupturen oder Aneurysmabildungen. Nachträgliche Stenosierungen von zunächst gut durchgängigen Anastomosen im Bereich der oberen Hohlvene traten auch nach der längsten Beobachtungsdauer von 6 Monaten nicht auf, die Operationsbereiche wuchsen offensichtlich mit dem übrigen Organismus mit.

Bei 5 von 19 Versuchstieren wurden bei den direkt postoperativ angefertigten oberen Cavographien sanduhrförmige Stenosierungen der Nahtbereiche der oberen Hohlvenen festgestellt, die als operationstechnisch bedingt anzusehen sind. Die vorgesehenen Beobachtungszeiten der betroffenen Versuchstiere betrugen jeweils

in einem Fall 5 beziehungsweise 60 Tage und in drei Fällen 180 Tage, wobei als Nahtmaterial in zwei Fällen Polyglykolsäure und in drei Fällen Polydioxanon verwendet worden war. Bei der Angiographie am Ende der Beobachtungszeit des Hundes mit der Versuchsdauer von 60 Tagen zeigte sich ein kontrastmittelfluß gleichbleibender Breite im Bereich der Vena cava superior, die Stenose stellte sich nicht mehr dar. Auch bei den angiographischen Kontrollen der übrigen drei Hunde mit postoperativ dokumentierten Stenosierungen in den Hohlvenenanastomosen stellten sich die Stenosen nach Ablauf der Beobachtungszeit von 180 Tagen nicht mehr dar. Diese Befunde erlauben die Folgerung, daß die Nahtmaterialien sowohl aus Polyglykolsäure als auch aus Polydioxanon während und nach ihrer Resorption eine nachträgliche Aufweitung zunächst postoperativ stenosierter Anastomosenbereiche auf die normale Lumenweite der Vena cava superior zulassen. Die so angiographisch dokumentierte nachträgliche Aufweitung von Stenosen bestätigt eine entsprechende Vermutung von MYERS et al. (1982): aus der Feststellung, daß mit zunehmender Dauer der Beobachtungszeiten Stenosierungen der mit Polydioxanon anastomosierten Gefäße immer seltener wurden und nach 6 Monaten überhaupt nicht mehr zu beobachten waren, zogen MYERS et al. indirekt den Schluß, daß Polydioxanonfäden wahrscheinlich eine nachträgliche Aufweitung zulassen.

Diese angiographisch erhobenen Befunde des Mitwachsens und der nachträglichen Aufweitung dokumentieren beachtliche Vorteile der synthetischen resorbierbaren Nahtmaterialien bei der Verwendung in der Herz- und Gefäßchirurgie gegenüber den bisher verwendeten nichtresorbierbaren Nahtmaterialien. Diese Vorteile dürften vor allem bei Eingriffen am wachsenden Organismus einen Fortschritt gegenüber den bisher gebräuchlichen Fäden bedeuten, da ein Mitwachsen mit nichtresorbierbarem Nahtmaterial fortlaufend anastomosierter Gefäße oder gar eine nachträgliche Angleichung intraoperativ stenosierter Gefäßbezirke an die Weite des übrigen Gefäßlumens normalerweise nicht auftritt.

Im Gegensatz zu den weitgehend vergleichbaren klinischen und angiographischen Ergebnissen der beiden erprobten synthetischen resorbierbaren Nahtmaterialien fanden sich bei der histologischen Untersuchung der nach Ablauf der Beobachtungszeiten aus den Operationsbereichen entnommenen Gewebeproben Unterschiede zwischen den Polyglykolsäure- und Polydioxanonfäden: die Resorption der Polydioxanonfäden war sowohl im Bereich der Vena cava superior als auch im rechten Vorhof später abgeschlossen als die Resorption der Polyglykolsäurefäden. Diese von uns an derselben Versuchsanordnung direkt verglichenen Resorptionszeiten der Polyglykolsäure und des Polydioxanons bestätigen die Angaben

von CRAIG et al. (1975) für Polyglykolsäure und RAY et al. (1981) für Polydioxanon zum zeitlichen Verlauf der Fadenresorption.
Diese erheblich länger bestehende Haltefunktion der Polydioxanonfäden im Wundbereich hatte jedoch zumindest in dieser Studie klinisch keine Auswirkungen, da auch bei den mit dem schneller resorbierten Polyglykolsäurefaden operierten Versuchstieren eine ausreichende Narbenbildung früh genug erfolgte, sodaß keine Nahtinsuffizienzen zu beobachten waren.
Inwieweit bei einer verzögerten Wundheilung sich die durch die längere Resorptionsdauer bedingte zeitliche Sicherheitsreserve von Polydioxanonfäden gegenüber den schneller an Festigkeit verlierenden Polyglykolsäurefäden als vorteilhaft erweisen könnte, müßte Gegenstand weiterer Untersuchungen sein.
Unabhängig von den unterschiedlichen Resorptionszeiten der beiden verwendeten Nahtmaterialien fiel auf, daß die Resorption im Myokard der rechten Vorhöfe bei beiden Fäden langsamer erfolgte als im Bereich der Hohlvenenanastomosen. Es ist anhand der vorliegenden Daten jedoch nicht möglich, eine Aussage darüber zu machen, ob die verschiedenen Resorptionszeiten in diesen beiden Nahtbereichen auf unterschiedliche Gewebeeigenschaften zurückzuführen sind, oder ob die größere Menge an implantiertem synthetischen Material bei den im Vorhof verwendeten dickeren 4 - 0 USP Fäden die Resorptionsverzögerung gegenüber den bei den Hohlvenenanastomosen angewendeten dünneren 6 - 0 USP Fäden bewirkt.

Bezüglich der Gewebereaktion auf die Implantation der Nahtmaterialien fanden sich histologisch weder im Bereich des Vorhofes noch im Bereich der oberen Hohlvene signifikante Unterschiede zwischen den beiden erprobten resorbierbaren Substanzen, was den Ergebnissen der Arbeiten von CRAIG et al. (1975) und RAY et al. (1981) entspricht. Bei beiden Materialien fielen Fremdkörperreaktion und Granulationsgewebebildung milde aus und klangen nach Abschluß der Resorption der Fäden vollständig ab.

Bei beiden Nahtmaterialien fanden sich nach Ablauf von mehreren Monaten post operationem in den Anastomosenbereichen der oberen Hohlvenen Ausdünnungen der vernarbten Venenwände. Es ist denkbar, daß auf dem Boden dieser ausgedünnten Wandbezirke auf Dauer Aneurysmen entstehen können, wenn auch während der längsten Beobachtungszeiträume von 6 Monaten weder bei den angiographischen Kontrollen noch bei den postmortalen makroskopischen Beurteilungen Anzeichen für eine solche Entwicklung gefunden werden konnten.

Zusammenfassend ist zu sagen, daß die aufgezeigten Befunde sowohl Polyglykolsäure- als auch Polydioxanonfäden unter den in der Einleitung geschilderten Gesichtspunkten zur Verwendung bei Operationen im Bereich des rechten Herzens und der großen thorakalen Gefäße des Niederdrucksystemes als geeignet erscheinen lassen.

Vor allem bei der operativen Korrektur angeborener kardiovaskulärer Fehlbildungen könnte die Verwendung dieser synthetischen resorbierbaren Nahtmaterialien einen beachtlichen Fortschritt gegenüber den momentan noch angewendeten nichtresorbierbaren Fadenmaterialien darstellen, da im Gegensatz zu den herkömmlichen nichtresorbierbaren Fäden - bei vergleichbar milden Fremdkörperreaktionen des Gewebes - sowohl Polyglykolsäure- als auch Polydioxanonfäden während und nach ihrer Resorption ein Mitwachsen vernähter Bezirke zulassen.
Man darf somit annehmen, daß die Anzahl der im weiteren Leben notwendig werdenden Reoperationen zur Beseitigung von Spätfolgen der im Kindesalter durchgeführten operativen Korrekturen der angeborenen Fehlbildungen des Herzens durch die Verwendung der synthetischen resorbierbaren Nahtmaterialien Polyglykolsäure und Polydioxanon vermindert werden kann.
Die Vorteile dieser Fäden lassen eine Erprobung beispielsweise zur Korrektur partieller oder totaler Lungenvenentranspositionen sinnvoll erscheinen. Ein weiterer denkbarer Anwendungsbereich könnte die Operation nach SENNING im Myokard des rechten Vorhofes zur Korrektur der Transposition der großen Arterien darstellen, bei der ein mangelhaftes Mitwachsen der vernähten Myokardbezirke zu ernsthaften hämodynamischen Komplikationen führen kann.

Inwieweit die aus den Ergebnissen dieser Untersuchungen abgeleiteten Empfehlungen zur Anwendung der Polyglykolsäure- und Polydioxanonfäden für Korrekturen im Bereich des Niederdrucksystems auch auf Anwendungsbereiche im Hochdrucksystem übertragbar sind, sollte Gegenstand weiterer Untersuchungen sein. Erste Ergebnisse aus Arbeiten im Bereich des Hochdrucksystems mit Polyglykolsäure- und Polydioxanonfäden (PAE et al. 1981, MYERS et al. 1982) legen die Vermutung nahe, daß es in Zukunft möglich sein wird, auch angeborene Fehlbildungen des Hochdrucksystemes wie beispielsweise die Aortenisthmusstenose mit synthetischen resorbierbaren Nahtmaterialien zu operieren.

VII. Zusammenfassung

Ziel dieser Arbeit war es, die beiden synthetischen resorbierbaren Nahtmaterialien Polyglykolsäure (Dexon^{R}) und Polydioxanon (PDS^{R}) auf ihre Verwendbarkeit im Niederdrucksystem des Kreislaufs eines wachsenden Organismus zu überprüfen. Mit jedem der beiden resorbierbaren Nahtmaterialien wurden an noch wachsenden Hunden der Rasse Beagle je 10 Eingriffe an der oberen Hohlvene und 10 Eingriffe am rechten Vorhof (insgesamt 40 Eingriffe) in folgender Weise durchgeführt:
Am rechten Vorhof erfolgte eine ca. 10 mm lange transmurale Durchtrennung des Myokards und anschließend die Vernähung des Defektes mit dem jeweiligen Nahtmaterial. An der Vena cava superior wurde nach vorausgegangener vollständiger Durchtrennung eine Anastomose in fortlaufender Nahttechnik durchgeführt.
Wiederholte Angiographien und histologische Untersuchungen der operierten Bezirke nach Ablauf definierter Beobachtungszeiten zwischen 5 und 180 Tagen dienten zur Verlaufskontrolle. Weder bei den mit Polyglykolsäure noch bei den mit Polydioxanon operierten Versuchstieren wurden postoperative Komplikationen wie Nahtinsuffizienzen, Aneurysmen oder Rupturen beobachtet. Angiographisch konnte gezeigt werden, daß es in keinem Fall zu einer nachträglichen Stenosierung postoperativ unauffälliger Anastomosen kam. Unmittelbar postoperativ stenosierte Anastomosen weiteten sich sogar bei

beiden Nahtmaterialien im Rahmen der Fadenresorption vollständig auf. Die histologische Untersuchung der entnommenen Gewebeproben ergab bei weitgehend identischer Gewebereaktion auf die beiden Fadenmaterialien eine gegenüber Polyglykolsäure verlängerte Resorptionsdauer des neuen Polydioxanonfadens. Aufgrund der Ergebnisse dieser Arbeit erscheint es gerechtfertigt, die resorbierbaren synthetischen Nahtmaterialien Polyglykolsäure und Polydioxanon zur Anwendung im Niederdrucksystem, insbesondere bei Korrekturen angeborener kardiovaskulärer Fehlbildungen zu empfehlen.

VIII. Literaturverzeichnis

1. Albers, ..
Gelo:acher, C.
Ciedl, M.
Leyer, ..

John nähte [illegible] monofilen synthetischen resorbierbaren [illegible]
(PD - [illegible])
Chirurg 43: 1[illegible]-171 (1972)

2. Alvarez-Cordero, R.
Iborre Reyes, E.
Guerrero Alcazar, L.
Hernandez-Jauregui, D.

Evaluation of Polyglycolic Acid Sutures in [illegible] Surgery
J. Surg. Res. 15: 35-44 (1973)

3. Anscombe, A.R.
Mira, N.
Hunt, B.

The Use of a New Absorbable Material in General Surgery
Brit. J. Surg. 57: 917 (1970)

4. Artandi, C.

A Revolution in Sutures
Surg. Gynecol. Obstet. 150: 235-236 (1980)

5. Bartholomew, R.S.

PDS (Polydioxanone Suture): A New Synthetic Absorbabl Suture in Cataract Surgery
Ophthalmologica 183: 81-85 (1981)

6. Bary, S.U.
Marx, F.J.
Schaudig, A.

Erste Erfahrungen mit einem neuen absorbierbaren synthetischen Nahtmaterial
Chirurg 43: 271 (1972)

7. Berry, A.R.
Wilson, P.C.
Thomson, J.W.L.
McNair, T.J.

Polydioxanone: a new synthetic absorbable suture
J. Royal College of Surgeons of Edinburgh 26: 170-172 (1981)

8. Bourton, D.
Conties, D.
Tordjman, S.
Abraham, J.M.
Dana, A.

Experimentelle Untersuchungen eines monofilen synthetischen resorbierbaren Nahtmaterials mit einer glatten Oberfläche in dem Harnapparat
J. d'Urologie 87: 295-30 (1981)

9. Blomstedt, B.
Österberg, B.
Bergstrand, A.

Suture material and bacterial transport

Acta Chir. Scand. 143: 71-75 (1977)

10. Blomstedt, B.
Österberg, B.

Suture materials and wound infection: an experimental study

Acta Chir. Scand. 144: 269-274 (1978)

11. Boerema, W.J.

Experimental Evaluation of Polyglycolic Acid Sutures for Arterial Anastomosis

Arch. Chir. Neerlandicum XXV-II 171-177 (1973)

12. Bonke, S.
Scherer, H.J.
Fischer, M.

Erfahrungen mit dem synthetischen absorbierbaren Nahtmaterial Dexon

Münch. Med. Wschr. 42: 1851 (1973)

13. Craig, H.
Williams, J.A.
Davis, K.W.
Magoun, A.D.
Levy, J.
Bogdanski, S.
Jones, J.P.

A Biologic Comparison of Polyglactin 910 and Polyglycolic Acid Synthetic Absorbable Sutures

Surg. Gynecol. Obstet. 141: 1-10 (1975)

14. Dahlke, H.
Dociu, N.
Thurau, K.

Synthetisches, resorbierbares und synthetisches, nicht resorbierbares Nahtmaterial in der mikrovaskulären Chirurgie - Tierexperimentelle Studie

Handchirurgie 11: 3-13 (1979)

15. Dardik, H.
Dardik, I.
Katz, A.R.
Smith, R.B.
Schwibner, B.H.
Laufman, H.

A new absorbable synthetic suture in growing and adult primary vascular anastomoses: Morphologic study

Surgery 68: 1112- 1121 (19

16. Daume, E.
Erfahrungen mit einem synthetischen resorbierbaren Nahtmaterial (Polyglykolsäure) bei gynäkologischen und geburtshilflichen Operationen
Geburtsh. u. Frauenheilk. 32: 702-707 (1972)

17. Dociu, N.
Hein, P.
PDS - ein neues chirurgisches Nahtmaterial
Ethicon Op-Forum 108 (1981)

18. Dociu, N.
Hein, P.
Sternumverschluß durch synthetisches, resorbierbares Nahtmaterial (PDS)
Ethicon Op-Forum 113 (1983)

19. Eichfuß, H.P.
Eckert, P.
Nahttechnik und chirurgisches Nahtmaterial
Aktuelle Chirurgie 13: 73-84 (1978)

20. Faulborn, J.
Theopold, H.
Experimentelle Studien über Prolene® 10-0- und Vicryl®-11-0-Nahtmaterial im Vergleich zu Nylon 10-0 an der Kaninchenhornhaut
Klin. Monatsbl. f. Augenheilkunde 170: 605-613 (1977)

21. Gallitano, A.
Kondi, E.S.
The Superiority of Polyglycolic Acid Sutures for Closure of Abdominal Incisions
Surg. Gynecol. Obstet. 137: 794 (1973)

22. Gessner
Haltenorth
Handbuch der Biologie
Bd. VI/3 (1977)

23. Gießler, R.
Naht- und Ersatzmaterial in der Gefäßchirurgie
Chirurg 46: 454-459 (1975)

24. Gohrbandt, E.
Cabka, J.
Berndorfer, A.
Handbuch der plastischen Chirurgie, Bd. I (1972)
Kapitel Nahtchirurgie, S.1-3
de Gruyter, Berlin, New York

25. Greisler, H.P.
Arterial Regeneration over Absorbable Protheses
Arch. Surg. 117: 1425-31 (1982)

26. Gschnitzer, F.
Nahtmaterial in der Thoraxchirurgie
Chirurg 46: 444-447 (1975)

27. Henningsen, B.
Gewebereaktion um Nahtmaterial
Med. Mittlg. (Braun Melsungen) 117 : 59-72 (1973)

28. Hovendal, C.P.
Schwartz, W.
Polyglycolic Acid (Dexon^{R}) Sutures in Escherichia Coli infected Urine
Scand. J. Urol. Nephrol. 13: 105-107 (1979)

30. Kirschner, M.
Guleke, N.
Zenker, R.
Allgemeine und spezielle Operationslehre, Bd. I, Teil 1, Kapitel VI: Vereinen von Gewebe, S. 64 ff.
Springer (1958)

31. Kuo, T.P.
Huang, T.J.
Howng, S.L.
The Clinical Use Of Synthetic Absorbable Suture In Vascular Surgery
J. Formosan Med. Assoc. 73: 45-52 (1974)

32. Lamesch, A.
Dociu, N.
Die mikrochirurgische Darmnaht: Untersuchungen am Rattendarm
Zeitschr. f. Kinderchirurgie 21: 263-273 (1977)

33. Litschgi, M.
Stoll, U.
Kann die postoperative Morbidität nach vaginalen Operationen durch Verwendung von verschiedenen Nahtmaterialien gesenkt werden ?
Geburtsh. u. Frauenheilk. 38: 191-194 (1978)

34. Lopes, J.A.
Application of the PGA Sutures in Pediatric Surgery
Rev. Bras. Med. 26: 624 (1969)

35. Minta, P.
Experimentaluntersuchungen über die Brauchbarkeit von DEXON (Polyglykolsäure) und einer eigenen Nahtmodifikation zur Naht nach Sehnendurchtrennung
Z. Exp. Chir. 13: 59-65 (1980)

36. Morales, W.
Pompino, H.-J.
Grisse, G.
Postoperative Wundheilungsstörungen bei Verwendung unterschiedlichen Nahtmaterials
Zeitschr. f. Kinderchirurgie 21: 230-237 (1977)

37. Morales, W.
Pompino, H.-J.
Breitenbach, C.
Anwendung resorbierbaren Nahtmaterials bei Routineeingriffen in der Kinderchirurgie
Zeitschr. f. Kinderchirurgie 27: 18-22 (1979)

38. Müller, C.
Allgöwer, M.
Komplikationen des Bauchdeckenverschlusses und ihre Vermeidung
Helv. Chir. Acta 42: 819-826 (1975)

39. Myers, J.L.
Waldhausen, J.A.
Pae jr., W.E.
Abt, A.E.
Prophet, G.A.
Pierce, W.S.
Vascular Anastomoses in Growing Vessels: The Use of Absorbable Sutures
Ann. Thorac. Surg. 34: 529-537 (1982)

40. Nockemann, P.F.
Die chirurgische Naht
3. Auflage (1980)
G. Thieme Verlag, Stuttgart

41. Nockemann, P.F.
Wundheilung und Wundbehandlung unter dem Gesichtspunkt plastisch-chirurgischer Operationen in der Gynäkologie
Gynäkologie 14: 2-13 (1981)

42. Nöthinger, F.
Tierexperimentelle Studie mit verschiedenen Nahtmaterialien an der Kolonanastomose der Ratte
Helv. chir. Acta 45: 171-173 (1978)

43. Nöthinger, F.
Morphologische und biochemische Untersuchungen mit verschiedenen Nahtmaterialien an der Kolonanastomose der Ratte
Helv. chir. Acta 46: 213-218 (1979)

44. Nöthinger, F.
Ziegler, W.J.
Finger, J.
Kaufmann, R.
Nahtmaterial in der Darmanastomose
Helv. chir. Acta Suppl. 14 (1980)

45. Österberg, B.
Blomstedt, B.
Effect of Suture Materials on Bacterial Survival in Infected Wounds
Acta chir. Scand. 145: 431-434 (1979)

46. Pae jr., W.E.
Waldhausen, J.A.
Prophet, G.A.
Pierce, W.S.
Primary vascular anastomosis in growing pigs (Comparison of polypropylene and polyglycolic acid sutures)
Thorac. Cardiovasc. Surg. 81: 921-927 (1981)

47. Pavan, A.
Bosio, M.
Longo, T.
A Comparative Study of Poly(Glycolic Acid) and Catgut as Suture Materials. Histomorphology and Mechanical Properties
J. Biomed. Mater. Res. 13: 477-496 (1979)

48. Ray, J.A.
Doddi, N.
Regula, D.
Williams, J.A.
Melveger, A.
Polydioxanone (PDS), A Novel Monofilament Synthetic Absorbable Suture
Surg. Gynecol. Obstet. 153: 497-507 (1981)

49. Rodeheaver, T.
Thacker, J.G.
Edlich, R.F.
Mechanical Performance of Polyglycolic Acid and Polyglactin 910 Synthetic Absorbable Sutures
Surg. Gynecol. Obstet. 153: 835-841 (1981)

50. Ross, G.
Absorbable suture materials for vascular anastomoses. Tensile strength and axial pressure studies using polyglycolic acid sutures
Am. Surg. 47: 541-547 (1981)

51. Schmitt, W.
Kapitel Allgemeinchirurgische Grundlagen, S. 26/27
aus: Bier, Braun, Kümmell Chirurgische Operationslehre 8. Auflage, Bd. 1 Verlag Joh. Ambrosius Barth, Leipzig, 1969

52. Schreiber, H.W.
Eichfuß, H.P.
Farthmann, E.
Chirurgisches Nahtmaterial in der Bauchhöhle
Chirurg 46: 437-443 (1975)

53. Sewell, W.R.
Wiland, J.
Craver, B.N.
A New Method of Comparing Sutures of Ovine Catgut with Sutures of Bovine Catgut in three Species
Surg. Gynecol. Obstet. 100: 483-494 (1955)

54. Solamon, A.
Kadas, L.
Vido, S.
Ihasz, M.
Nemeth, L.
Untersuchungen der von verschiedenartigen Fäden verursachten Gewebereaktionen
Acta chir. acad. Hungaricae 21: 31-42 (1980)

55. Thiede, A.
Lünstedt, B.
In vivo-Untersuchungen bei Nahtreaktionen an sterilem und infiziertem absorbierbarem und nicht absorbierbarem chirurgischem Nahtmaterial
Zbl. Chirurgie 104: 568-581 (1979)

56. Thiede, A.
Lütjohann, K.
Beck, C.
Blunck, F.
Suture reactions with application of non absorbable and absorbable materials in microsurgery. Standardized comparable investigations in rat vessels
Microsurg. 1: 212-222 (1979)

57. Thiede, A.
Jostarndt, L.
Lünstedt, B.
Sonntag, H.G.

Kontrollierte experimentelle histologische und mikrobiologische Untersuchungen zur Hemmwirkung von Polyglykolsäurefäden bei Infektionen

Chirurg 51: 35-38 (1980)

58. Thiede, A.
Lünstedt, B.
Sonntag, H.G.

Untersuchungen in vivo zum linearen Reißfestigkeitsverlust von absorbierbaren vollsynthetischen Fäden

Chirurg 52: 768-773 (1980)

59. Thiede, A.
Lünstedt, B.
Beck, C.

Absorbierbare Nahtmaterialien der zweiten Generation: Gewebeverhalten und erweiterte Indikation

Langenbecks Arch. Chir. 355: 479-484 (1981)

60. Ullrich, F.
Henningsen, B.
Böttcher, W,

Faszienverschluß medianer Laparatomien mit synthetischem, resorbierbarem Fadenmaterial (Polyglykolsäure)

Chirurg 52: 777-779 (1981)

61. Vincent, H.F.
Hatem, J.M.
Upshur, J.
Sade, R.M.

Atrial wound healing with polyglycolic acid and polypropylene sutures

J. Thorac. Cardiovasc. Surg. 86: 150-153 (1983)

62. Watts, D.R.
Carr, S.H.
Hohf, R.P.

Polyglycolic Acid Sutures in Canine Vascular Anastomoses

J. Biomed. Mater. Res. 10: 867-877 (1976)

63. Wiesend, O.
Bachmann, G.

Untersuchungen über Naht- und Ligaturmaterial bei Strumaoperationen

Chirurg 46: 479-481 (1975)

64. Wrubs, O.
Cottlob, R.

Über den Einfluß der unterschiedlichen physikalischen Eigenschaften verschiedener Nahtmaterialien auf die Festigkeit des chirurgischen Knotens

Acta chir. Austriaca 13: 56-62 (1981)

Unser besonderer Dank gilt

Herrn Prof. Dr. med. W. Bircks,

für die Überlassung des Themas und die
Unterstützung bei der Erstellung der Arbeit,

Herrn Priv. Doz. Dr. med. A. Krian,

für die vielfältigen Anregungen und die
allzeit freundliche und geduldige Beratung,

Herrn Priv. Doz. Dr. med. W. Lenz,

für die Anfertigung und Beurteilung
der histologischen Präparate,

Herrn Dr. med. F.-W. Schütter,

für die fachkundige Anleitung und
die Unterstützung im operativen Teil,

Herrn Prof. Dr. med. D. Günther,

für die kontrollierende Begutachtung unserer
radiologischen Befunde, die Anregungen und
Ratschläge bei der Zusammenstellung der Arbeit,

sowie allen Mitarbeitern der Tierversuchsanlage
der Universität Düsseldorf, die den reibungslosen
Ablauf der Studie ermöglichten.

Lebenslauf

Christian Töns

geboren am 13. Januar 1958 in Walsum

Eltern: Dr. med. Heinrich Wilhelm Töns, Arzt

und

Barbara Töns, Hausfrau

Schulbildung: 1964 Katholische Grundschule Kapellen

1968 Gymnasium Adolfinum Moers

1977 Abitur Gymnasium Adolfinum Moers

Studium: 1977 Studienbeginn Humanmedizin,
Universität Düsseldorf

1980 Ärztliche Vorprüfung, Düsseldorf

1984 Approbation als Arzt, Düsseldorf

Lebenslauf

Jürgen Armbrecht
geboren am 4. Januar 1959 in Düsseldorf

Eltern: Wolfgang Armbrecht, Kaufmann
und
Ursula Armbrecht, Hausfrau

Schulbildung: 1965 Katholische Volksschule auf der Aue, Ratingen
1968 Theodor-Heuss-Gymnasium, Ratingen
1977 Abitur Theodor-Heuss-Gymnasium, Ratingen

Studium: 1978 Studienbeginn Humanmedizin, Universität Düsseldorf
1980 Ärztliche Vorprüfung, Düsseldorf
1984 Approbation als Arzt, Düsseldorf